

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/402731



REC'D	5 JUN 1998
WIPO	PCT

Bescheinigung
PRIORITY DOCUMENT

Herr Dr. Rainer H a h n in Tübingen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Diagnosegerät zur Bestimmung der Remineralisierbarkeit von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahnge-
webe, Behandlungsgerät zur Unterstützung der Remi-
neralisierung solchen Gewebes, Behandlungsgerät zur
Reinfiltration solchen Gewebes, Arbeitsgerät zur
Erzeugung eines Arbeitskanales für die vorgenannten
Geräte, Arbeitsgerät zur mikromechanischen Zahnprä-
paration sowie Diagnose- und Behandlungsmedien und
Behandlungskörper zur Verwendung mit solchen Dia-
gnose- und Behandlungsgeräten"

am 7. April 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wieder-
gabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole A 61 B, A 61 C und G 01 N der Internationalen Patent-
klassifikation erhalten.

München, den 28. April 1998

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag



Aktenzeichen: 197 14 167.6

Hoiß

PATENTANWÄLTE

DR. ULRICH OSTERTAG

DR. REINHARD OSTERTAG

EIBENWEG 10 D-70597 STUTTGART

TEL. +49-711-766845

FAX +49-711-7655701

Diagnosegerät zur Bestimmung der Remineralisierbarkeit von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, Behandlungsgerät zur Unterstützung der Remineralisierung solchen Gewebes, Behandlungsgerät zur Reinfiltration solchen Gewebes, Arbeitsgerät zur Erzeugung eines Arbeitskanales für die vorgenannten Geräte, Arbeitsgerät zur mikromechanischen Zahnpräparation sowie Diagnose- und Behandlungsmedien und Behandlungskörper zur Verwendung mit solchen Diagnose- und Behandlungsgeräten.

Anmelder: Dr. Rainer Hahn
Stäudach 34
72074 Tübingen

Anwaltsakte: 5247.1

Diagnosegerät zur Bestimmung der Remineralisierbarkeit von
Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, Behandlungs-
05 gerät zur Unterstützung der Remineralisierung solchen
Gewebes, Behandlungsgerät zur Reinfiltration solchen
Gewebes, Arbeitsgerät zur Erzeugung eines Arbeitskanales
für die vorgenannten Geräte, Arbeitsgerät zur mikromecha-
nischen Zahnpräparation sowie Diagnose- und Behandlungs-
10 medien und Behandlungskörper zur Verwendung mit solchen
Diagnose- und Behandlungsgeräten.

=====

15

Die Erfindung betrifft allgemein die Remineralisierung
von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe. Hier-
zu schafft sie zum einen ein Gerät, welches die Fähig-
keit solchen Hartgewebes zur Remineralisierung messen
20 kann. Ferner wird ein Gerät angegeben, mit welchem die
Remineralisierung als remineralisierungsfähig erkannten
Hartgewebes erfolgen bzw. unterstützt werden kann. Im
weiteren wird ein Gerät angegeben, mit welchem als nicht
remineralisationsfähig erkanntes Hartgewebe reinfil-
25 triert bzw. mit diesem Gewebe assoziierte Kavitationen
aufgefüllt werden können. Ferner betrifft die Erfindung
ein Gerät, mit welchem man in Hartgewebe, welches auf
seine Remineralisierungsfähigkeit untersucht werden
soll bzw. remineralisiert werden soll, ein Arbeitskanal
30 erzeugt werden kann, der von der Gewebeaußenseite an
das interessierende Gewebavolumen führt. Weiterhin wird
ein Gerät angegeben, mit welchem kariöses Zahnhartgewebe
durch den Arbeitskanal mikromechanisch entfernt werden
kann. Schließlich betrifft die Erfindung verschiedene
35 Medien, die in Verbindung mit dem Diagnosegerät bzw. dem

Behandlungsgerät verwendet werden.

Soweit Hartgewebe (im Nachfolgenden wird teilweise stellvertretend von Zahngewebe gesprochen) defekte Bereiche
05 (Läsionen) aufweist, die an der Gewebeoberfläche liegen, läßt sich eine Diagnose in der Regel visuell und taktil (Kratzen mit Spitze) treffen.

Nicht an der Oberfläche gelegene Gewebeläsuren lassen
10 sich nur anhaltsweise durch Röntgenaufnahmen ermitteln. Da letztere nur allgemein die Absorption von Röntgenstrahlen wiedergeben, dabei aber offen bleibt, welche Anteile der Absorption auf schon in gesundem Zustand vorhandene unterschiedliche Gewebekonsistenz und Zahn-
15 geometrie zurückzuführen ist, läßt sich die Schwere und die Ausdehnung derartiger Läsionen nur schwer abschätzen. In der Regel ist es daher notwendig, einen größeren Zugang zu derartigen versteckten Läsionen zu schaffen, über welchen dann die klassische Versorgung
20 der Läsion erfolgt, nämlich ein Abtragen alles kranken Gewebes und ein Wiederfüllen der so erzeugten Kavität mit plastischem Füllmaterial und/oder einem Restaurationsteil.

25 Bei diesem Vorgehen müssen oft erhebliche Volumina an gesundem Gewebe entfernt werden. Dabei ist eine Teilmenge der so geöffneten Läsionen nicht irreversibel geschädigt, könnte vielmehr durch Remineralisierung geheilt werden.

30 Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher allgemein mit dem Problemkreis, unter weitestgehender Erhaltung gesunden Gewebes in der Nachbarschaft einer Läsion festzustellen, inwieweit die Gewebeläsion durch Remineralisierung therapierbar ist, und gegebenenfalls
35 eine solche Therapie durchzuführen.

Hierzu schafft die Erfindung einerseits ein Gerät zur Bestimmung der Remineralisierungsfähigkeit von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, welches die
05 im Anspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Ferner schafft die Erfindung ein Gerät zur Remineralisierung und/oder Reinfiltration von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, welches die im Anspruch 34
10 aufgeführten Merkmale aufweist.

Durch die Erfindung wird ferner ein Gerät angegeben, mit welchem kleinen Durchmesser aufweisende Arbeitskanäle von der Gewebeaußenfläche zu der vermuteten Läsion erzeugt werden können. Ein solches Gerät hat die
15 im Anspruch 46 angegebenen Merkmale.

Mit einem Gerät nach Anspruch 52 kann man ausgehend von einem Arbeitskanal Gewebebereiche, die durch Remineralisierung nicht mehr geheilt werden können, mechanisch aus-
20 räumen, um anschließend eine Reinfiltration dieser Bereiche mit einem aus- oder wiederhärtbaren Material durchzuführen, ohne daß ein großen Durchmesser aufweisender Zugang zur Läsion erzeugt werden muß.

25 Das im Anspruch 1 angegebene Diagnosegerät mißt mindestens eine einer Mehrzahl unterschiedlicher physikalischer, chemischer oder biologischer Eigenschaften des Hartgewebes bzw. des im Sinne eines Karies veränderten
30 Hartgewebes. Dabei werden Unterschiede zu den entsprechenden Eigenschaften des gesunden Gewebes als Maß für die Stärke der Läsion genommen. Unter Gewebeeigenschaften sollen in den Ansprüchen und der vorliegenden Beschreibung sowohl Volumeneigenschaften als auch Oberflächeneigenschaften verstanden werden.
35

- Diese Unterschiede kann man in vielen Fällen dadurch verstärken, daß man über das Diagnosegerät eine Markiersubstanz zuführt, die von kranken Gewebebereichen anders
05 (stärker oder schwächer) auf- oder angenommen wird wie von gesunden Gewebebereichen. Diese Markiersubstanzen sind im Hinblick auf die jeweils gemessene Eigenschaft gewählt, wie im Anspruch 59 angegeben.
- 10 Die in erster Linie gemessene Gewebeeigenschaft ist die Durchlässigkeit des Gewebes für Flüssigkeiten, insbesondere wässrige Lösungen. Je besser die Qualität der durch das Gewebe gebildeten Diffusionsbarriere ist, um so weniger Gewebeschäden liegen vor. Die Durchlässig-
15 keit von Hartgewebe für wässrige Lösungen ist ein direktes Maß für eine Remineralisierbarkeit des Gewebes, denn genau auf demjenigen Wege, der auch zur Messung verwendet wird, erfolgt auch die Remineralisierung.
- 20 Die Remineralisierung ist möglich bei kariösen Volumina, bei denen die Zahnstruktur bzw. Dentinstruktur und Schmelzstruktur des Kariesvolumens noch weitgehend intakt ist, jedoch bezüglich ihres Mineralgehaltes gegenüber vergleichbarem "gesundem" Zahnhartgewebe reduziert ist. Die Mineralien für eine Remineralisierung stammen bei natürlicher
25 Remineralisierung aus dem Speichel. Die Remineralisierung führt zurück zu weitgehend als gesund anzusehendem Hartgewebe (restitutio ad integrum).
- 30 Bei stärker geschädigten Hartgeweben ist aufgrund struktureller Einbrüche (meistens lokalisiert) eine Remineralisierung nicht mehr möglich. Zur Behandlung müssen derartige kariöse Volumina (ggf. zusätzlich benachbarte an sich remineralisationsfähige Gewebevolumina) nach voraus-
35 gehender Konditionierung oder Ätzung mit einem künstlichen

- Material gefüllt werden, welches die mechanische Festigkeit wiederherstellt und ein Hindernis für die Weiterentwicklung der Karies ist. Dieses Füllen der strukturellen Einbrüche erfolgt dadurch, daß man einen Kunststoff,
- 05 ein Polymer oder Polymerkomposit in die nicht mehr remineralisierbare kranke Zahnstruktur infiltriert. Da dieses künstliche Material in gesunder Zahnstruktur enthaltene Gewebekomponenten ersetzt, spricht man von Reinfiltration.
- 10 Ist die überwachte Eigenschaft des Hartgewebes beispielsweise dessen Farbe, so kann die Markiersubstanz ein Farbmittel enthalten (vgl. Anspruch 60). Ist die überwachte Eigenschaft die elektrische Leitfähigkeit des Gewebes, kann die Markiersubstanz einen Elektrolyten
- 15 enthalten usw. In der Regel wird ein solches Diagnosemedium von kranken Gewebebereichen auf Grund von dessen stärkerer Porosität oder den Stoffwechselleistungen darin enthaltener Bakterien mehr aufgenommen als von gesundem Gewebe.
- 20 Ein Behandlungsmedium, wie es im Anspruch 61 angegeben ist, dient der Vernichtung von Keimen im kranken Gewebe.
- Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 62 dient dem Öffnen
- 25 von Gewebe. Dies ermöglicht zum einen eine bessere Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Gewebebereichen und schafft zugleich Mikroverankerungsstellen für anderes Behandlungsmedium oder Füllungsmaterial.
- 30 Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 63 enthält einen Primer.
- Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 64 dient der Auflösung demineralisierter organischer Geweberückstände.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 66 erlaubt das Ausfüllen von mechanisch stark geschädigten Gewebestrukturen bzw. von Hohlräumen, die durch Ausräumen kranker Gewebevolumina erhalten wurden, mit einem Füllmaterial.

05

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 67 wird bei großporigem krankem Gewebe ein teilweises mechanisches Verschließen der Poren erhalten. In der Diagnosephase kann man durch sukzessives Verwenden von Behandlungsmedien mit zunehmend größerer Partikelgröße und hierzu parallele Überwachung des Fluid-Leckstromes durch die kranken Gewebebereiche weitere Rückschlüsse auf das Ausmaß der Gewebeschädigung schließen.

15 Die Verwendung eines Behandlungsmediums gemäß Anspruch 70 ermöglicht es, auch der einem Läsionsgebiet benachbarten oder in sie eingeschlossenen Pulpa eine Behandlung zukommen zu lassen.

20 Das im Anspruch 71 angegebene Behandlungsmedium liefert das für die Remineralisierung besonders wichtige Element Fluor.

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 72 können
25 mehrere der oben angesprochenen Teilaufgaben gemeinsam gelöst werden.

Eine Konfektionierung von Medien gemäß Anspruch 73 ist im Hinblick auf eine einfache Applikation des Diagnose- und/oder Behandlungsmediums von Vorteil. Das Steckverbinderteil des das Diagnose- und/oder Behandlungsmedium enthaltenden Behälters wird einfach in das Ende eines im Gewebe erzeugten Arbeitskakanals gesteckt oder auf ein passendes Gegenstück eines Behandlungsgerätes gesteckt.
35 Durch Verformen des Behälters läßt sich das Medium ge-

steuert abgeben. Das Steckverbinderteil ist zunächst geschlossen und wird durch Abschneiden auf die jeweils gewünschte Länge gebracht, wodurch zugleich der Vorratsbehälter entsiegelt und geöffnet wird.

05

Ein Behandlungskörper gemäß Anspruch 74 erlaubt es, eine Langzeitbehandlung mit einem Behandlungsmedium durchzuführen. Dieses Vorgehen ist insbesondere bei der Fluorid-Zufuhr zu erkranktem und ggf. zu remineralisierendem Gewebe von Vorteil.

10

Mit einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 77 kann man den Arbeitskanal über längere Zeit gegen Zuwachsen offen halten, um in größeren zeitlichen Abständen Kontrollen und/oder Behandlungen einer Läsion durchzuführen.

15

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

20 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 2 erlaubt ein paßgenaues Einführen des Sondenabschnittes des Meßkopfes in einen im Hartgewebe erzeugten Arbeitskanal, sodaß die einander gegenüberliegenden Oberflächen von Arbeitskanal und Sondenabschnitt eine Spaltdichtung bilden.

25

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 3 erlaubt es, Intensität und Ausdehnung eines kranken Gewebebereiches zu bestimmen.

30 Ein Sondenstellungsgeber, wie er im Anspruch 4 angegeben ist, zeichnet sich durch mechanisch besonders einfachen Aufbau aus.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 5 gestattet es, auf einfache Weise Grundwerte der betrachteten

35

Gewebeeigenschaft zu bestimmen, wie sie bei dem betrachteten Patienten in der Nachbarschaft der Läsion ange-
funden werden. Unter Bezugnahme auf diese individuellen
und ortsspezifischen Referenzwerte lassen sich krank-
05 hafte Abweichungen dann besonders fein ermitteln.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 6 erlaubt
es, in einem in dem Gewebe erzeugten Arbeitskanal die
Gewebeeigenschaften nicht nur in axialer Richtung son-
10 dern auch in radialer Richtung aufgelöst zu messen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 7 ist
im Hinblick auf eine für den Zahnarzt ergonomisch gün-
stige Handhabung des Diagnosegerätes in unterschiedli-
15 chen beengten Bereichen des Mundes eines Patienten von
Vorteil.

Auch die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch
8 dient der Ergonomie des Diagnosegerätes.
20

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 9 erlaubt
ein unbehindertes Drehen des Greifteiles um seine Längs-
achse.

25 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 10 er-
laubt ein Untersuchen der jeweilig betrachteten Gewebe-
eigenschaft in weiten Grenzen.

Ein Gerät gemäß Anspruch 11 läßt sich besonders einfach
30 handhaben.

Dabei wird mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß
den Ansprüchen 12 und 13 erreicht, daß durch die Diagno-
sezwecken dienende Messung keine zusätzlichen nennens-
35 werten Defekte im Gewebe erzeugt werden, was insbeson-

dere bei der Messung der mechanischen Härte des Gewebes von Vorteil ist, wo in kranken Gewebebereichen mit größerem Eindringen einer Prüfspitze in das Gewebe gerechnet werden müßte.

05

Mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 14 läßt sich die Ausdehnung und die Stärke der Schädigung eines Gewebes besonders schonend durch fluidische Messung seiner Porosität bestimmen. Wie oben schon dargelegt, ist die Fähigkeit von Gewebe, eine Diffusionsbarriere für Fluids zu bilden, ein Maß für die Gesundheit von Gewebe überhaupt. Hier zu berücksichtigende und oft gemeinsam an einer kariösen Erkrankung beteiligt sind im Falle von Zähnen das Dentin mit seiner Kanälchen-Struktur und hohem Wassergehalt, der Schmelz mit seinem höheren relativen Wasseranteil und organischen Gewebeanteilen und kariös verändertes Dentin mit seinen höheren relativen Wasseranteilen und organischen Gewebeanteilen. Eine Durchlässigkeitsmessung, die an einem speziellen erkrankten Gewebebereich durchgeführt wird, kann zwar nicht im einzelnen auflösen, welche Gewebeart in welchem Umfange geschädigt ist, sie gibt aber insgesamt eine gute Information über die Ausdehnung und Stärke der Schädigung.

25 Verwendet man als Meßfluid ein Gas, wie im Anspruch 15 angegeben, so können auch kleine Gewebedefekte gut bestimmt werden, und in der Regel sind kleine Druckabweichungen vom Normaldruck zur Diagnose ausreichend.

30 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 16 gestattet dabei eine Differenzierung stärker geschädigter Gewebebereiche, da mehr Fluid für einen Meßvorgang zur Verfügung steht.

35 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 17 ist

im Hinblick auf das quantitative Ausmessen stärkerer Gewebedefekte von Vorteil.

05 Mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 18 lassen sich die Leckströme durch defekte Gewebebereiche sehr einfach visuell erkennen und messen.

10 Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 19 baut besonders kompakt und ist mechanisch besonders einfach, da die Feder des Stellungsgebers zugleich als Vorspannfeder für das Dichtelement dienen kann.

15 Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 20 kann die Gewebeeigenschaften mit axialer und radialer Auflösung in den einen Arbeitskanal umgebenden Gewebebereichen ermitteln.

20 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 21 ist im Hinblick auf eine besonders gute Abdichtung des Arbeitskanales gegen die Umgebung von Vorteil, da zwischen der Außenfläche des Sondenabschnittes und der Innenfläche des schlauchförmigen Dichtungselementes, insbesondere aber auch zwischen dem aufgekелchten Ende des Dichtelementes und dem Dichtbund des Sondenabschnittes, eine ausgedehnte gute Dichtfläche besteht.

25 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 22 mißt den Fluidaustausch zwischen Gewebe und Meßsonde. Auf diese Weise kann der Zustand von Geweben ermittelt werden, die weiter im Inneren eines Gewebes liegen, ebenso
30 bei Läsionen, die noch nicht zu Fluid-Leckfladen zur Oberfläche des Gewebes geführt haben.

Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 24 arbeitet mechanisch; die mit ihm erhaltenen Ergebnisse sind direkt mit denjenigen vergleichbar, die mit den bekannten an der Zahn-
35

oberfläche ansetzenden Sonden erhalten werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 25 gestattet es, die Meßsonde bei eingezogener Meßspitze
05 unbehindert in einem im Gewebe erzeugten Arbeitskanal zu bewegen, wobei an ausgewählten Punkten dieses Arbeitskanales die Gewebebeschaffenheit durch Ausfahren der Meßspitze gemessen werden kann.

10 Dabei zeichnet sich die im Anspruch 26 angegebene Meßspitzenmechanik durch mechanisch besonders einfachen und zuverlässigen Aufbau aus.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 27 gestattet es dabei, die von der Meßspitze auf das Gewebe ausgeübte Kraft einzustellen. Ein solches Diagnosegerät
15 eignet sich für die schon weiter oben unter Bezugnahme auf Anspruch 13 angegebene Meßart, bei welcher die zum Hervorrufen einer vorgegebenen Eindringtiefe der Meßspitze benötigte Kraft ermittelt wird.
20

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 28 wird die Gewebeuntersuchung mit Licht vorgenommen, wobei das vom Bildwandler erzeugte Bild der Gewebeoberfläche auf Grund
25 der Oberflächenstruktur und gegebenenfalls der Oberflächenfärbung die Differenzierung zwischen gesundem und krankem Gewebe erlaubt.

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 29 erfolgt die
30 Unterscheidung zwischen krankem und gesundem Gewebe auf Grund der Farbe, wobei zur Kontrastverstärkung ein Diagnosemedium verwendet werden kann, das von krankem und gesundem Gewebe unterschiedlich stark aufgenommen wird und ein Farbmittel enthält (vgl. Anspruch 59).

35

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 30 wird davon Gebrauch gemacht, daß krankes Gewebe auf Grund seiner mehr porösen Struktur mechanische Schwingungen anders aufnimmt und/oder dämpft als gesundes Gewebe. Dies schlägt
05 sich in einer unterschiedlichen mechanischen Last für einen mit dem Gewebe zusammenarbeitenden Schwinger nieder, die am den Schwinger speisenden Generator detektiert werden kann. Bei dem Schwinger kann es sich um einen mechanischem Schwinger handeln, der direkt mit
10 der Gewebeoberfläche zusammenwirkt, oder einen akustischen oder Ultraschallschwinger, der auch unter kleinem Abstand von der Gewebeoberfläche schwingen kann.

Gemäß Anspruch 31 kann man die unterschiedliche Antwort
15 von gesundem und krankem Gewebe auf mechanische Schwingungen dadurch ermitteln, daß man einen Schwinger und einen Empfänger derart zeitversetzt betreibt, daß der Empfänger die vom Gewebe reflektierten Schwingungen registriert.

20 Auch gemäß Anspruch 32 kann man über die lokale elektrische Leitfähigkeit und/oder (beim Arbeiten mit Wechselstrom) eine Frequenzverschiebung das Ausmaß einer Gewebeschädigung gewebeschonend bestimmen.

25 Erzeugt man in einem Gewebe einen Arbeitskanal, der sich durch gesunde und kranke Gewebebereiche erstreckt, so bleiben an der Gewebeoberfläche kleine Gewebebruchstücke, die vom Bohrwerkzeug in die Gewebeoberfläche gedrückt
30 wurden. Diese können mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 33 auf ein Teströhrchen übertragen werden, wobei zugleich etwas Flüssigkeit aus den Poren des Gewebes mit angesaugt werden kann. Nach Entfernen des Teströhrchens können die verschiedenen Oberflächenabschnitte desselben auf solche
35 Gewebepartikel und abgesaugte Gewebeflüssigkeit hin

untersucht werden. Auch auf diese Weise erhält man eine axial und in Umfangsrichtung aufgelöste Abbildung kranker Gewebebereiche.

- 05 Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 34 ermöglicht es, dem kranken Gewebe zwangsweise Behandlungsmedium zuzuführen. Auf diese Weise wird ein intensiver Medienaustausch zwischen Gewebe und Behandlungsgerät erhalten, wodurch die Poren oder Hohlräume des Gewebes intensiv mit
- 10 dem Behandlungsmedium gefüllt werden, oder es wird der im Gewebe enthaltene Wasseranteil mit Wirkstoffen perfundiert. Man kann mit diesem Gerät auch nacheinander unterschiedliche Behandlungsmedien dem Gewebe zuführen.
- 15 Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 35 erlaubt es, Flüssigkeit aus dem kranken Gewebe abzusaugen, wodurch dieses anschließend besser ein Diagnose- oder Behandlungsmedium aufnehmen kann.
- 20 Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 36 eignet sich besonders gut im Zusammenhang mit kranken Gewebebereichen, die über einen gebohrten Arbeitskanal zugänglich gemacht wurden.
- 25 Bei einem Behandlungsgerät gemäß Anspruch 37 ist es möglich, die Gewebebehandlung in axialer Richtung und in Umfangsrichtung des Arbeitskanales unterschiedlich intensiv durchzuführen, die Behandlungsmedien also nur gezielt den kranken Gewebebereichen zuzuführen.
- 30 Eine derartige gezielt axiale unterschiedliche Behandlung von Gewebe ist durch ein Behandlungsgerät durch Anspruch 38 erleichtert. Bei ihm kann man die axiale Iststellung des Abgabeabschnittes des Arbeitskopfes
- 35 zuverlässig und genau feststellen. Der hierzu vorgesehene

Axialstellungsgeber hat mechanisch einfachen Aufbau.

Bei einem Behandlungsgerät gemäß Anspruch 39 dient die Feder des Axialstellungsgebers zugleich als Vorspann-
05 feder für ein Dichtmittel, über welches der Abgabeabschnitt des Arbeitskopfes gegen die Gewebeoberfläche abgedichtet wird.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 40 dient
10 einer ergonomisch günstigen Arbeitsweise des Zahnarztes und erlaubt es, auch schwierig zugängliche Zahnpartien zu behandeln.

Auch die Weiterbildungen der Erfindung gemäß den Ansprü-
15 chen 41 bis 43 dienen der einfachen und bequemen Handhabung des Behandlungsgerätes.

Manche der bei der Remineralisierung von krankem Hartgewebe verwendeten Behandlungsmedien sind verhältnis-
20 mäßig teuer. Oft wird auch gewünscht, mehrere derartige Behandlungsmedien nacheinander anzuwenden. Im Hinblick hierauf ist es vorteilhaft, wenn die Quelle für das Behandlungsmedium möglichst nahe beim Abgabeabschnitt des Arbeitskopfes liegt. Eine entsprechende Weiterbil-
25 dung der Erfindung ist im Anspruch 44 angegeben.

Sind zu remineralisierende Gewebebereiche nahe bei der Zahnoberfläche gelegen, sodaß zur Zahnaußenseite keine fluiddichte Sperrschicht mehr gegeben ist, kann es bei
30 dünnflüssigen Behandlungsmedien vorkommen, daß diese zur Zahnaußenseite hin durchtreten. Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 45 werden derartige austretende Anteile von Behandlungsmedien kontrolliert abgeführt, ohne daß sie in den Mund des Patienten oder
35 auf benachbarte Zahnoberflächen gelangen. Auf diese Weise

kann das Behandlungsgerät einen intensiven Austausch zwischen zunächst im Defektvolumen enthaltener Flüssigkeit und über das Behandlungsgerät zugeführter Flüssigkeit durchführen.

05

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 47 vereinfacht es, einen von der Zahnaußenfläche zum erkrankten Gewebebereich zu legenden Arbeitskanal genau so weit ins Innere des Gewebes zu führen, wie dies nach
10 der zuvor grob ermittelten Lage des kranken Gewebebereiches notwendig ist.

Durchmesser des Bohrwerkzeuges, wie sie im Anspruch 48 angegeben sind, stellen einerseits noch einen aus-
15 reichenden Zugang zum kranken Gewebebereich dar, entfernen aber nur eine geringe Menge gesunden Gewebes.

Wählt man zum Erzeugen des Arbeitskanales ein hohles Bohrwerkzeug, wie im Anspruch 49 angegeben, so kann
20 man mit einem dünnen Draht den im Inneren des Bohrwerkzeuges enthaltenen Bohrkern aus dem Bohrwerkzeug herausstoßen und auf seine Eigenschaft mit axialer Auflösung untersuchen. Auch auf diese Weise kann der kranke Gewebebereich genauer lokalisiert werden.

25

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 50 erlaubt ein schonendes und effektives Erzeugen eines kleinen Durchmesser aufweisenden Arbeitskanales ohne starke Beschädigung des benachbarten Gewebes.

30

Dabei ist die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 51 im Hinblick auf eine Verbesserung der Abtragsleistung von Vorteil. Setzt man der abrasiven Flüssigkeit nur kleinen Durchmesser aufweisende abrasive Partikel zu, so können
35 solche der abrasiven Partikel, welche durch Ultraschall

bleibend in die angeschnittenen Gewebebereiche hineingedrückt werden, zugleich als Verschuß und Haftgrund dienen.

05 Mit einem Schneidwerkzeug, wie es im Anspruch 53 angegeben ist, können auch radial weiter vom Arbeitskanal zurückspringende Ausräumungen vorgenommen werden.

10 Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 54 ist im Hinblick auf ein glattflächiges Äußeres des Schneidwerkzeuges in der zum Einschieben dienende Ruhekonfiguration von Vorteil.

15 Bei einem Gerät gemäß Anspruch 54 stellt das verstellbare Schneidwerkzeug in der Ruhekonfiguration eine teilweise Fortsetzung des Werkzeugschaftes dar.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 55 ist im Hinblick auf eine erhöhte Schneidleistung von Vorteil.

20 Ein Gerät gemäß Anspruch 56 hat ein Schneidwerkzeug, welches sich durch mechanisch besonders einfachen Aufbau auszeichnet. Die Schneidkante kann bei einem solchen Werkzeug auch besonders präzise in radialer Richtung verstellt werden.

25

Bei einem Gerät gemäß Anspruch 57 liegt die radial verstellbare Schneidkante bzw. liegen die radial verstellbaren Schneidkanten unter elastischem Druck an dem zu zerspanenden Gewebe an. Dadurch werden bevorzugt kranke
30 Gewebebereiche entfernt, während gesunde Gewebebereiche weniger stark abgetragen werden.

Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 58 erhält man eine sehr große Anzahl von Schneidkanten, die
35 in radialer Richtung verstellbar sind.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 60 ermöglicht ein verbessertes optisches Erkennen kranker Gewebebereiche.

05

Die Ansprüche 61-63 betreffen bevorzugte Behandlungsmedien für kariöses Zahnhartgewebe.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 64 erlaubt es, organische Gewebereste zu entfernen, die bei späterer Remineralisierung oder Reinfiltration hinderlich wären.

Die im Anspruch 65 angegebenen Konzentrationsangaben für die organische Gewebereste auflösende Substanz haben sich im Hinblick darauf in der Praxis besonders bewährt, einerseits organische Reste zuverlässig aus dem Hartgewebe herauszulösen, andererseits letzteres nicht unzulässig stark anzugreifen.

Die im Anspruch 68 angegebenen partikelförmigen Komponenten des Behandlungsmediums können zum einen dazu dienen, nicht mehr remineralisierbares Material abzutragen. In diesem Falle stellt das Behandlungsmedium eine Aufschlammung solcher Partikel dar und mit einem durch hochfrequenten Schall, insbesondere Ultraschall angetriebenen Werkzeug wird das stark geschädigte Gewebevolumen abgetragen, wobei die durch den Ultraschall erzeugten Kavitationseffekte durch die abrasiven Eigenschaften der Partikel unterstützt werden. Die im Anspruch 68 angegebenen Partikel können aber auch in Defektvolumina vor-eingebracht werden oder dem zu reinfiltrierenden Material beigegeben werden, so daß sie im reinfiltrierte Defektvolumina Füllpartikel darstellen. Derartige Partikel können aber zusätzlich auch diagnostischen Zwecken dienen, z.B. zur röntgenologischen Mar-

kierung eines Defektvolumens.

Dabei haben sich die im Anspruch 69 angegebenen Partikelgrößen in der Praxis besonders gut bewährt.

05

Werden die Partikel zur Unterstützung des Abtragens von Gewebe verwendet, so ist die Partikelgröße $< 100 \mu\text{m}$, bevorzugt $< 50 \mu\text{m}$, wiederum bevorzugt $< 20 \mu\text{m}$ und besonders bevorzugt $< 10 \mu\text{m}$. Sollen die Partikel Füllpartikel darstellen, so ist die bevorzugte Partikelgröße $< 50 \mu\text{m}$, wiederum bevorzugt $< 20 \mu\text{m}$, nochmals bevorzugt $< 5 \mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt $< 2 \mu\text{m}$.

10

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 70 ist es möglich, die Pulpa zu therapieren.

15

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 71 ist im Hinblick auf eine Zufuhr von die Remineralisierung unterstützenden Substanzen wie Fluor zu defekten Gewebevolumina vorteilhaft.

20

Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 72 wird erreicht, daß mehrere chemische Behandlungsarten des erkrankten Gewebes in einen Behandlungsschritt gepackt werden können. Hierdurch wird die Behandlungszeit verkürzt.

25

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 73 erlaubt die Konfektionierung von Diagnose- oder Behandlungsmedien in der Fabrik in jeweils einer Einzelanwendung angemessenen Mengen. Die Abgabe des Diagnose- oder Behandlungsmediums läßt sich vom Arzt manuell oder mittels eines motorisch gesteuerten Behandlungsgerätes auf einfache Weise steuern. Entsprechende verformbare Behälter für das Behandlungsmedium lassen sich als Kunststoff-Spritzteile sehr kostengünstig herstellen. Durch Abschneiden des Verbindungsteiles

30

35

kann man das Öffnen des Behälters und ein Einstellen der Länge des Steckverbinderteiles gleichzeitig vornehmen.

Dabei kann gemäß der Weiterbildung der Erfindung gemäß
05 Anspruch 75 der das Behandlungsmedium tragende Grundkörper langfristig oder bleibend im Arbeitskanal bleiben. Ein der Zahnoberfläche benachbarter Endabschnitt des Grundkörpers, dessen Länge in etwa der Dicke der Zahnschmelzkappe entspricht, kann fest mit dem gegenüberliegenden Abschnitt der Wandfläche des Arbeitskanales
10 verbunden werden, z.B. durch Zement, Kunststoff, ein Kompomer oder ein ähnliches Material. Hierdurch wird der Arbeitskanal außen unter Einbeziehung des Grundkörpers im Sinne eines provisorischen oder definitiven Verschlusses
15 verschlossen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 76 gestattet es dabei, die Freigabe des Behandlungsmediums in einer Art und Weise zu steuern, wie dies an sich
20 von Retard-Arzneimitteln bekannt ist, wobei dann, wenn das Behandlungsmedium fluoridhaltig ist, das Harzmaterial vorzugsweise so gewählt ist, daß die Fluorid-Freigabe über Monate verteilt erfolgt.

25 Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 77 besteht nach Abnehmen seines Verschlusses die Möglichkeit, für weitere Messungen oder zum Einbringen neuer Wirkstoffe nochmals Zugang zu dem erkrankten Gewebebereich zu bekommen.

30 Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 78 sind die gesunden Gewebeteile gegen Behandlungsflüssigkeiten abgedeckt, welche den kranken Gewebeteilen durch den Behandlungskörper hindurch zugeführt werden.

35

Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 79 erhält man eine gute Abdichtung zum außenliegenden Ende eines Arbeitskanales, in welchen der Behandlungskörper eingesetzt ist.

05

Ein Behandlungskörper, wie er im Anspruch 80 angegeben ist, braucht nach Abschluß der Behandlung des kranken Gewebebereiches nicht in einem besonderen Arbeitsgang entfernt zu werden. Er kann dauerhaft als Füllkörper im Zahn verbleiben.

10

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

15

Figur 1: eine perspektivische Ansicht eines Backenzahnes mit einem kranken Gewebebereich, der dem Nachbarzahn benachbart ist;

20 Figur 2: einen vertikalen Schnitt durch den in Figur 1 gezeigten Backenzahn längs der dortigen Schnittlinie II-II;

25 Figur 3: einen horizontalen Teilschnitt durch den in Figur 1 gezeigten Backenzahn längs der dortigen Schnittlinie III-III;

30 Figur 4: eine schematische Darstellung eines Diagnose- und Behandlungsgerätes für im Inneren eines Zahnes liegendes kariöses Gewebe sowie einer zugehörigen Fluid-Versorgungseinheit und einer zugehörigen elektronischen Auswerte- und Steuereinheit;

35 Figur 5: eine ähnliche Darstellung wie Figur 4, in

welcher ein abgewandeltes Diagnosegerät gezeigt ist;

05 Figur 6: einen axialen Schnitt durch das Ende eines
Sondenabschnittes des Diagnosegerätes nach
Figur 5;

10 Figuren ähnliche Ansichten wie Figur 6, in denen
7-10: abgewandelte Diagnosegeräte gezeigt sind;

15 Figur 11: eine schematische Darstellung eines nochmals
abgewandelten optischen Diagnosegerätes,
welches in Verbindung mit einem durch den
Zahn hindurchgehenden Arbeitskanal verwend-
bar ist, der den kranken Gewebebereich schnei-
det;

20 Figur 12: eine zu Figur 4 ähnliche Darstellung, in
welcher jedoch ein reines Behandlungsgerät
wiedergegeben ist;

25 Figur 13: eine schematische Darstellung eines mecha-
nisch besonders einfach aufgebauten Behand-
lungsgerätes;

30 Figur 14: eine schematische Darstellung einer Absaug-
einrichtung für überschüssiges Diagnose-
oder Behandlungsmedium;

35 Figur 15: eine schematische Darstellung eines Behand-
lungsgerätes für an der Zahnoberfläche lie-
gende kranke Gewebebereiche;

35 Figur 16: eine perspektivische Darstellung eines Bohr-
gerätes, mit welchem ein von der Zahnober-

fläche zu einem innenliegenden kranken Gewebereich führender Arbeitskanal erzeugt werden kann;

- 05 Figur 17: eine seitliche, teilweise axial geschnittene Ansicht eines in einen in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal einsetzbaren Füllkörpers, welcher ein Behandlungsmedium zur Langzeitabgabe enthält;
- 10
- Figur 18: einen Längsschnitt durch einen Behandlungskörper, der einen in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal über längere Zeit offen halten kann, sowie benachbarte Gewebebereiche, wobei der Behandlungskörper auch nachher Bestandteil eines
- 15 definitiven Verschlusses oder einer definitiven Füllung des Arbeitskanales sein kann, nachdem entweder Remineralisation geglückt ist oder nach einer Reinfiltration;
- 20
- Figur 19: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines Exkavationswerkzeuges zum radialen Erweitern eines Arbeitskanales, der durch einen Bohrer erzeugt wurde;
- 25
- Figur 20: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines abgewandelten Exkavationswerkzeuges;
- 30
- Figur 21: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines nochmals abgewandelten Exkavationswerkzeuges;
- 35
- Figur 22: eine seitliche, teilweise geschnittene Ansicht einer abgewandelten Dichtstelle zwischen einem Arbeitsabschnitt eines Diagnose- oder Behandlungsgerätes und einem in einem Zahn erzeugten

Arbeitskanal;

Figur 23: eine schematische seitliche Ansicht eines Ultraschall-Bohrgerätes zum Erzeugen eines Arbeitskanales in einem Zahn;

Figur 24: einen axialen Teilschnitt durch ein nochmals abgewandeltes Exkavationswerkzeug; und

Figur 25: eine Stirnansicht des Exkavationswerkzeuges nach Figur 24.

In Figur 1 ist mit 10 insgesamt ein Backenzahn bezeichnet.

Dieser hat eine obenliegende Kaufläche 12 (okklusale Fläche), eine wangenseitige, äußere oder bukkale Begrenzungsfläche 14, eine innenliegende oder orale Begrenzungsfläche 16, eine zum vorderen Kieferende weisende vordere oder approximal-mesiale Begrenzungsfläche 18 und eine hintere oder approximal-distale Begrenzungsfläche 20.

Ein benachbarter Backenzahn ist bei 22 gezeigt.

In dem den Backenzahn 22 benachbarten Bereich hat der Backenzahn 10 einen kranken Gewebebereich (Läsion) 24. Für die Zwecke der Beschreibung ist der Einfachheit halber angenommen, daß die Läsion im wesentlichen die Form eines Rotationsellipsoides hat, wobei sich versteht, daß in der Praxis Läsionen zum einen in der Regel unsymmetrische Gebilde sind und darüber hinaus keine scharfen Begrenzungsflächen haben, der Übergang zwischen krankem und gesundem Gewebe fließend ist. Ferner sei angenommen, daß die Läsion 24 nicht nur die in Figur 1 mit 28 bezeichnete Zahnschmelz-Kappe betrifft, sondern sich auch in das Dentinvolumen 26 des Backenzahnes 10 hinein erstreckt.

Die Außenfläche der Zahnschmelzkappe 28 zeigt jedoch noch keine wesentlichen strukturellen Einbrüche.

Die in Figur 1 dargestellte Lage und Abmessung der Läsion 24 ist grob aus einer vom Backenzahn 10 gemachten Röntgenaufnahme abgeleitet. Auf Grund des Röntgenbildes kann nicht entschieden werden, ob es sich bei der Läsion 24 um einen so stark geschädigten Gewebebereich handelt, daß strukturelle Einbrüche, Porositäten oder gar eine Kavität vorliegt, welche reinfiltrierte oder gar nach Kariesentfernung konventionell mit einer Füllung versorgt werden müssen. Es könnte sich bei der Läsion 24 auch nur um einen anfänglich geschädigten Gewebebereich handeln, der durch Remineralisierung wieder in gesunden Zustand zurückgebracht werden kann.

Um Information über den Krankheitszustand des Gewebebereichs 24 zu bekommen, wird von der bukkalen Begrenzungsfläche 14 her unter Verwendung eines hohlen Kernbohrers 30 (vgl. Figur 2) durch die Zahnschmelzkappe 28 und das Dentinvolumen 26 ein Arbeitskanal 32 so weit eingebohrt, daß sein Ende gemäß der aus den Röntgenbildern entnommenen Rohinformation jenseits des kranken Gewebebereiches 24 wieder in gesundem Dentin liegt, wie in Figur 2 dargestellt.

Für eine genauere Auflösung der Größe und Stärke der Läsion kann wie folgt vorgegangen werden:

Es wird schrittweise auf das Zentrum der Läsion zugebohrt und sukzessive werden an mehreren Stellen vom gesunden Gewebe kommend ins kranke hinein erstreckend Messungen durchgeführt, vorzugsweise durch Bestimmung von Leckströmen, welche von der Bohrung über krankes Gewebe zur Zahnoberfläche verlaufen ("natürlicher Karieszugang").

- Der Bohrkern bzw. dessen Analyse gibt die Sicherheit, daß man nicht vollständig an der betroffenen Läsion vorbeigebohrt hat. Die Analyse des Bohrkernes ist ein optionaler und nicht unverzichtbarer Schritt. Ergibt sich aufgrund der Leckstrommessung, daß die Gewebestruktur noch nicht stärker beeinträchtigt ist, so kann die Läsion durch Remineralisierung geheilt werden.
- 10 Ist der Zugang (natürlicher Karieszugang) strukturell so weit geschädigt, daß eine Remineralisation nicht mehr möglich ist, wird plötzlich bei einem Schritt des stufenweisen Bohrens des Arbeitskanals und jeweils anschließenden Messung eine Leckage feststellbar sein.
- 15 Der durch Remineralisieren nicht mehr heilbare Defekt kann dann zur Entfernung stark geschädigter Gewebeteile spanend bearbeitet werden. Dies kann unter Verwendung von Ultraschall-Bearbeitungswerkzeugen oder mechanischen Werkzeugen ggf. unter Unterstützung durch in Flüssigkeit suspendierte abrasive Partikel erfolgen. Nach Defektkonditionierung kann dann eine Reinfiltration von flüssigem und später aushärtendem Material erfolgen.
- 20 Beim Herausziehen des Kernbohrers 30 aus dem Backenzahn 10 wird ein von diesem umschlossene Bohrkern 34 mit herausgezogen. Durch ein geeignetes Werkzeug, z.B. einen dünnen Draht, kann man den Bohrkern 34 aus dem hohlen Kernbohrer 30 axial herausstoßen, und durch Betrachten (gegebenenfalls unter Anfärben, z.B. mit Fuchsin) können die kranken Gewebebereiche von den gesunden Gewebebereichen rasch unterschieden werden. Gegebenenfalls können chemische und/oder biologische Analysen der verschiedenen Abschnitte des Bohrkernes 34 zusätzlich durchgeführt werden.
- 35

Figur 3 zeigt den durch den Kernbohrer 30 erzeugten nahe bei der approximalen Begrenzungsfläche des Backenzahnes 10 verlaufenden Arbeitskanal 32.

05

Der Arbeitskanal 32 kann zunächst dazu dienen, ein Diagnosegerät ins Innere des Zahnes einzuführen, mit welchem nicht nur gesunde und kranke Gewebebereiche unterschieden werden können, sondern auch erkannt werden

10

kann, ob kranke Gewebebereiche durch Remineralisierung geheilt werden können. Derartige Diagnosegeräte werden zunächst nun unter Bezugnahme auf die Figuren 4-11 beschrieben, wobei das Gerät nach Figur 4 zugleich auch ein Behandlungsgerät ist.

15

Der Arbeitskanal 32 kann ferner zum Einführen oder Ansetzen von Behandlungsgeräten dienen, wie sie weiter unten unter Bezugnahme auf die Figuren 12-15 erläutert werden, wozu noch das kombinierte Diagnose- und Behandlungsgerät nach Figur 4 kommt.

20

Wo in den Ansprüchen und in der vorliegenden Beschreibung von einem Behandlungsgerät gesprochen ist, soll hierunter gleichermaßen ein Gerät verstanden werden, welches zur mechanischen Bearbeitung, hydrodynamischen Bearbeitung, Ultraschallbearbeitung, Laserbearbeitung oder sonstigen Bearbeitung von Hartgewebe dient, welches ein die Remineralisierung unterstützendes Behandlungsmedium abgibt oder welches ein dem Reinfiltrieren dienendes Medium abgibt.

30

Ferner können in den Arbeitskanal 32 auch Behandlungskörper eingesetzt werden, die eine Langzeitabgabe von Behandlungsmedien bewerkstelligen, wie später unter Bezugnahme auf Figur 18 noch erläutert wird.

35

In Figur 4 ist ein Diagnose- und Behandlungshandstück für kariöses Zahngewebe insgesamt mit 36 bezeichnet.

Das Handstück 36 hat ein Griffteil 38, das ähnliche
05 axiale und radiale Abmessung aufweist wie ein Bohrer-
handstück. Am Griffteil 38 ist ein insgesamt mit 40
bezeichneter Arbeitskopf angebracht. Dieser trägt ei-
nen hohlen zylindrischen Arbeitsabschnitt 42. Letzterer
hat an seinem Ende eine Anschlagplatte 44, die über drei
10 gleich in Umfangsrichtung verteilte dünne Distanzstäbe
46 mit dem offenen Ende des zylindrischen Arbeitsabschnitt-
tes 42 verbunden ist. Auf diese Weise ist gewährleistet,
daß der Arbeitsabschnitt 42 nicht so weit in den Arbeits-
kanal 32 eingeführt werden kann, daß sein offenes Ende
15 durch den Boden des Arbeitskanales 32 verschlossen wird.
Die Anschlagplatte 44 bildet im Arbeitskanal 32 ferner
eine bis zu dessen Wandfläche reichende Fluidsperre.

Auf der Außenfläche des Arbeitsabschnittes 42 ist eine
20 Sitzscheibe 48 verschiebbar geführt, an welcher das
eine Ende einer Schraubenfeder 50 angreift. Deren zwei-
tes Ende ist über einen nur schematisch angedeuteten
Kraftmesser 52 an der Stirnwand des Arbeitskopfes 40
abgestützt.

25 Die Sitzscheibe 48 trägt ihrerseits eine Dichtscheibe
54 aus Gummimaterial.

Das Innere des Arbeitsabschnittes 42 steht mit einer
30 Arbeitsleitung 56 des Arbeitskopfes 40 in Verbindung,
an welche ein kleiner Druckspeicherraum 58 sowie ein
Druckmesser 60 angeschlossen sind.

Die Arbeitsleitung 56 ist über ein federnd in die Schließ-
35 stellung vorgespanntes 2/2 Magnetventil 62 mit einer

Leitung 64 verbunden, die über einen Strommesser 66 und eine durch einen Stellmotor 68 verstellbare Drossel 70 mit dem Ausgang eines 3/3 Magnetventiles 72 verbunden ist. Dessen beide Eingänge sind über einen Druckregler 74 mit dem Ausgang eines Verdichters 76 bzw. über einen Druckregler 78 mit dem Eingang eines Sauggebläses 80 verbunden. Die Regeldrucke der Druckregler 74 und 78 sind über Stellmotoren 82, 84 elektrisch einstellbar.

10

Die soeben beschriebenen Komponenten 62-84 bilden eine Ver- und Entsorgungseinheit 86, die beim hier zunächst betrachteten Ausführungsbeispiel Luft mit geregelter Druck bzw. Unterdruck dem Handstück 36 zuführt.

15

Eine Steuer- und Auswerteeinheit 88 ist mit den elektrischen Ausgangssignalen des Kraftmessers 52, des Druckmessers 60 und des Strommessers 66 verbunden. Weitere Eingangssignale erhält die Steuer- und Auswerteeinheit von einem Tastenfeld 60, um verschiedene Diagnose- und Prüfprogramme auszuführen, die auf einem Massenspeicher 92 abgelegt sind, der z.B. eine Festplatte sein kann.

Zur Steuerung der Intensität der Fluidzufuhr zum Handstück 36 ist auf diesem ein Schieberegler 94 vorgesehen, der mit einem weiteren Eingang der Steuer- und Auswerteeinheit 88 verbunden ist.

Ausgangsseitige Schnittstellen der Steuer- und Auswerteeinheit 88 sind mit den Magnetventilen 62 und 72 sowie mit den Stellmotoren 68, 82 und 84 verbunden.

Zur Anzeige der momentanen Arbeitsbedingungen und von Meßergebnissen ist die Steuer- und Auswerteeinheit 88 mit einem Bildschirm 96 verbunden. Der den behandelnden

Arzt momentan am meisten interessierende Arbeitsparameter kann zusätzlich auf einer kleinen LCD-Anzeige 98 ausgegeben werden, die vom Griffteil 38 getragen ist. In der Regel wird dies der durch den Schieberegler 94
05 eingestellte Fluiddruck sein, für spezielle Anwendungen kann auf die LCD-Anzeige 98 aber auch ein anderer Arbeitsparameter eingegeben werden, z.B. die vom Ausgangssignal des Kraftmessers 52 abgeleitete Eindringtiefe des Arbeitsabschnittes 42 in den Arbeitskanal 32. Diese
10 Strecke ist in Figur 4 mit D angedeutet, wobei die von Sitzscheibe 48 und Dichtscheibe 54 im unbelasteten Zustand eingenommene Stellung gestrichelt als Referenzstellung wiedergegeben ist. Diese Referenzstellung kann durch Anschlagwirkung der Sitzscheibe 48 an einem vom
15 Arbeitsabschnitt 42 getragenen kleinen Anschlag vorgegeben sein.

Das Handstück 36 ist über eine insgesamt mit 99 bezeichnete und nur schematisch angedeutete Drehkupplung mit einem Versorgungskabel 101 verbunden, welches die verschiedenen zur
20 Ver- und Entsorgungseinheit 86 und zur Steuer- und Auswerteeinheit 101 führenden Schläuche und Leiter enthält.

Das oben beschriebene Handstück 36 kann zusammen mit
25 seiner Ver- und Entsorgungseinheit 86 und mit der Steuer- und Auswerteeinheit 88 das den Arbeitskanal 32 umgebende Gewebe auf Krankheit und Remineralisierungsfähigkeit untersuchen. Hierzu wird es wie folgt eingesetzt:

30 Über das Tastenfeld 90 wird in die Steuer- und Auswerteeinheit 88 vom Massenspeicher 92 ein Meßprogramm "Porosität-Überdruckmessung" geladen. Durch dieses Programm wird der Druck der am einen Eingang des Magnetventiles 72 anstehende Druckluft auf einen für Gewebe-Porositäts-
35 messungen geeigneten Standardwert eingestellt. Dieser

kann typischerweise zwischen 1,2 und 1,5 bar liegen und im Bedarfsfalle durch Betätigen des Schiebereglers 94 zu größeren (bis zu 2 bar) oder kleineren Werten vom Zahnarzt abgeändert werden.

05

Der Zahnarzt setzt nun das Handstück 36 seitlich am zu untersuchenden Backenzahn 10 an und schiebt den hohlzylindrischen Arbeitsabschnitt 42 progressiv in den Arbeitskanal 32 hinein. Hierbei bleibt die Sitzscheibe 48 und die Dichtscheibe 54 zurück, und letztere wird etwas breitgedrückt, wodurch sich eine Dichtstelle zwischen der Außenfläche des Arbeitsabschnittes 42 und der bukkalen Begrenzungsfläche 14 des Backenzahnes 10 ergibt. Nun kann mit einem Meßvorgang begonnen werden, und dies erkennt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 an einem entsprechenden Ausgangssignal des Kraftmessers 52. Sie schaltet daraufhin das Magnetventil 72 in diejenige Stellung, in welcher der Ausgang des Druckreglers 74 mit der auslaßseitigen Arbeitsöffnung des Magnetventiles 72 verbunden ist. Damit steht am Einlaß des Magnetventiles 62 Druckluft unter dem gewünschten Druck an.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 öffnet nun in regelmäßigen Abständen das Magnetventil 62, so daß der Innenraum des Arbeitsabschnittes 42, der Arbeitskanal 32 und das ihn umgebende Gewebe sowie der Druckspeicher 58 mit Druckluft gefüllt werden. Der Auf-Zustand des Magnetventiles 62 wird für eine Zeitspanne aufrechterhalten, die zur vollständigen Füllung des Druckspeichers 58, des Arbeitsabschnittes 42 und des mit diesem kommunizierenden Abschnittes des Arbeitskanales 32 ausreicht. Hierfür kann entweder eine erfahrungsgemäß ausreichende Zeitspanne gewählt werden oder durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 festgestellt werden, wann das Ausgangssignal des

Druckmessers 62 konstant bleibt. Nun wird das Magnetventil 62 geschlossen, und die Steuer- und Auswerteeinheit 88 zeichnet den Abfall des Ausgangssignales des Druckmessers 60 auf. Bei guter Abdichtung zwischen dem außenliegenden
05 Ende des Arbeitskanales 32 und des Arbeitsabschnittes 42 ist der Druckabfall, den der Druckmesser 60 feststellt, auf Luft-Leckströme zurückzuführen, welche über den kranken Gewebebereich 24 zur Umgebungsatmosphäre hin erfolgen. Je fortgeschrittener die Zerstörung dieses Gewebebereiches
10 ist, umso schneller erfolgt der Druckabbau.

Aus früheren Messungen und Eichmessungen ist bekannt, ab welcher Druckabnahme das kranke Gewebe nicht mehr zu einer Remineralisierung fähig ist. Ist kein Druckabfall
15 festzustellen oder der Druckabfall langsam, kann eine Remineralisierungs-Therapie mit guten Erfolgsaussichten erfolgen.

Die oben skizzierte Messung läßt sich gleichermaßen
20 unter Unterdruckbeaufschlagung der Arbeitsleitung 56 durchführen, analog wie oben für Überdruckbeaufschlagung beschrieben. In diesem Falle stellt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 in einem vom Massenspeicher 92 eingelesenen Programm "Porosität-Unterdruckmessung" einfach
25 das Magnetventil 72 in die andere Arbeitsstellung, in welcher der Druckregler 78 mit dem Auslaß des Magnetventiles 72 verbunden ist. Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 registriert dann den nach einem Schließen des Magnetventiles 62 am Druckmesser 66 eintretenden Druckanstieg.
30 Für Standard-Untersuchungen haben sich Unterdruckwerte (Druckabsenkungen gegenüber Normaldruck) von zwischen 100 und 500 mbar bewährt. Es versteht sich, daß man diese Druckwerte im Einzelfalle noch weiter erhöhen oder erniedrigen kann, wie dies im Hinblick auf die Porosität des
35 kranken Gewebebereiches und im Hinblick auf die Meßge-

nauigkeit im Einzelfalle am günstigsten ist.

In Abwandlung des oben beschriebenen Ausführungsbeispi-
les kann man als zur Messung der Porosität des kranken
05 Gewebebereiches 24 verwendetes Gas anstelle von Luft
auch ein inertes Gas oder ein anderes Gas verwenden,
welches zugleich eine therapeutische Wirkung entfaltet,
z.B. chlorhaltige Luft.

10 In weiterer Abwandlung des unter Bezugnahme auf Figur
4 beschriebenen Ausführungsbeispiels kann man anstelle
eines Gases zur Messung der Porosität des kranken Gewe-
bereiches 24 auch eine Flüssigkeit verwenden, z.B.
Wasser oder eine physiologische Kochsalzlösung, oder
15 eine therapeutisch wirksame Lösung.

In diesem Falle stellt dann das Bauteil 76 eine Flüssig-
keits-Förderpumpe, das Bauteil 80 eine Flüssigkeits-Saug-
pumpe dar. Die Förderpumpe 76 saugt die Diagnoseflüssig-
20 keit aus einem Vorratsbehälter 100 an, der in Figur
4 gestrichelt eingetragen ist. Die Steuer- und Auswerte-
einheit 88 bestimmt nun die Porosität des kranken Gewe-
bereiches 24 ausgehend vom Ausgangssignal des Strom-
messers 66. Das Ausgangssignal des Druckmessers 60 kann
25 zusätzlich verwendet werden, um eine Anzeige dafür zu
haben, wann Restluft im Handstück und im Gewebe verdrängt
ist. Bei einer vereinfachten Version eines nur mit Diag-
noseflüssigkeiten arbeitenden Handstückes kann man den
Druckspeicherraum 58 und den Druckmesser 60 auch weglassen.
30 Das in Figur 4 gezeigte Handstück ist aber gleichermaßen
zur Messung der Gewebeporosität mittels gasförmiger und
flüssiger Fluids geeignet.

Arbeitet die Steuer- und Auswerteeinheit 88 in Abhängig-
35 keit vom Ausgangssignal des Strommessers 66, so ist

der im stationären Zustand vom Strommesser 66 gemessene Flüssigkeitsstrom, der laufend über den kranken Gewebereich 24 in die Umgebung des Zahnes austritt, ein Maß für die Stärke der Erkrankung bzw. den Grad der De-
05 mineralisation bzw. der vorhandenen Porositäten bzw. Kavitäten.

In einer kombinierten Diagnose-Betriebsart kann man auch die das zeitliche Verhalten des vom Strommesser
10 66 gemessenen Flüssigkeitsstromes betrachten, wobei die bis zur Erzielung eines stationären Flüssigkeitsstromes erhaltenen größeren Stromstärken einer anfänglichen Verdrängung von Luft aus dem durch das Diagnosegerät abgedichteten Arbeitskanal entspricht. Diese Ver-
15 drängung erfolgt ebenfalls über den kranken Gewebereich bzw. in diesen hinein.

Dadurch, daß man Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität verwendet, kann man den Meßbereich des in Figur
20 4 gezeigten Diagnosegerätes verlagern: niederviskose Flüssigkeiten wie Wasser eignen sich gut zur Messung von weniger porösen kranken Gewebebereichen, während man für stärker poröse Gewebebereiche Diagnoseflüssigkeiten mit höherer Viskosität verwenden kann.

25 Den Diagnoseflüssigkeiten können zusätzlich Markiersubstanzen zugesetzt sein, die von gesundem und krankem Gewebe unterschiedlich aufgenommen werden und eine optische und/oder analytische Unterscheidung von krankem
30 und gesundem Gewebe erleichtern. Hierzu gehören z.B. Farbstoffe wie Fuchsin, wobei Letzteres z.B. als 0,5%ige basische Lösung in Propylenglykol verwendet werden kann.

Weitere geeignete Markiersubstanzen sind Elektrolyte,
35 Röntgenkontrastmittel, Radionukleide, etc.

Wird zur Erzeugung des Arbeitskanales ein Hohlbohrer verwendet (konventionelles Bohrgerät mit rotierenden diamantierten Hohlbohrern, wie ozillierende Präparations-
05 geräte), so können die hohlen Bohrer zugleich als Fluid zu- oder abführende Sondenabschnitte dienen, wenn über eine geeignete Ausbildung der Bohrwerkzeugaufnahme eine Verbindung des Innenraumes des Hohlbohrwerkzeuges mit
10 einer Fluidquelle bzw. einer Fluidsenke hergestellt wird. In diesem Falle kann dann das Bohrgerät zugleich auch ein Diagnosegerät und/oder Behandlungsgerät darstellen, wie es obenstehend unter Bezugnahme auf die Figur 4 beschrieben wurde.

15 Auf diese Weise kann man besonders bequem den Arbeitskanal durch schrittweises Vorschieben des Bohrwerkzeuges in Richtung der vermuteten Läsion vortreiben und gleichzeitig ohne Wechsel des Gerätes nach jedem Inkrement des Vorschubs die fluiddynamische Diagnostik zur Bestim-
20 mung der Gesundheit des Gewebes durchführen. Hierdurch wird das Arbeiten insgesamt stark erleichtert.

Das in Figur 4 gezeigte Gerät kann auch als Behandlungsgerät eingesetzt werden, um in porösem krankem
25 Gewebe einen Flüssigkeitsaustausch durchzuführen, insbesondere fluoridhaltige Flüssigkeiten in diese Gewebereiche hineinzudrücken. In Ergänzung können auch andere Behandlungsflüssigkeiten, welche das kranke Gewebe für eine Fluoridisierung vorbereiten, mit dem Handstück
30 nach Figur 4 in das kranke Gewebe gedrückt werden und nach vorgegebener Behandlungszeit wieder aus diesem Gewebe herausgesaugt oder durch das Gewebe hindurchgedrückt werden. Hierzu werden einfach Vorratsbehälter
100 verwendet, die anstelle einer Diagnoseflüssigkeit
35 eine Behandlungsflüssigkeit enthalten.

Derartige Behandlungsflüssigkeiten können z.B. sein:

- 05 a) Spülflüssigkeiten: diese holen bei der Erzeugung
des Arbeitskanales oder auf Grund der Erkrankung
erhaltene Gewebebruchstücke und Bakterien aus dem
kranken Gewebereich heraus. Erfolgt das Zuführen
der Spülflüssigkeiten unter Oszillation, können hier-
10 durch auch die Zellwände von Bakterien im kranken
Gewebereich zerstört werden oder die Bakterien-
oberflächen derart geschädigt werden, daß diese keine
destruierenden Stoffwechselleistungen mehr vollbringen
können. Bei raschem Druckwechsel können Hartschubstanz
abtragende Kavitationseffekte erhalten werden.
15
- b) Desinfektionslösungen, wie z.B. Chlorhexidinlösungen:
diese zerstören chemisch im kranken Gewebereich
angefundene Bakterien.
- 20 c) Primerlösungen: (z.B. Carboxylgruppen enthaltende
Lösungen, modifizierte Polyacrylsäurelösungen, Lösungs-
gemische beinhalten Acrylatmono- oder Polymere oder
Lösungsmittel- (z.B. Aceton-) haltige Monomer- oder
Polymerlösungen etc.)
25
- d) Organische Gewebereste auflösende Lösungen, z.B.
Natriumhypochloridlösungen in Konzentrationen unter
6 Gew.-%, bevorzugt unter 3 Gew.-%, nochmals bevorzugt
um etwa 1 Gew.-% und N-Monochlor-DL-2-Aminobutyrat
30 enthaltende Lösungen.
- e) Ätzlösungen: hierzu gehören wässrige Kalziumchelat-
bildner, z.B. EDTA-Lösungen unter 50 Gew.-%, bevorzugt
um 20 Gew.-%. Diese Lösungen ermöglichen ein chemisches
35 Abtragen weitestgehend demineralisierter Gewebe und

anorganische und organische Säuren.

- 05 f) Inerte Partikel enthaltende Flüssigkeiten: diese
tragen kleine inerte Partikel in die poröse Struktur
des kranken Gewebes, wodurch diese abgedichtet wird.
Derartige Partikel können auch in den Grenzflächen
verkeilt werden und können in das Reinfiltrations-
volumen mit eingebaut werden, um so zusätzliche Haft-
effekte des reinfiltrierte Materials an der Oberfläche
10 der im Hartgewebe verkeilt Partikel zu begründen.
Derartige Partikel können auch zur Reinigung, beschleunigten
Abtragung, Präparation oder Konditionierung des
kranken Gewebereiches nützlich sein, wenn sie unter
Druck-Wechselbelastungen gegen das kranke Gewebe bewegt
15 werden.

- Geeignete inerte Partikel sind Glaspartikel, Kalzium-
phosphatpartikel, Hydroxylapatit- oder Fluorapatit-
partikel, Kalziumfluoridpartikel, Keramikpartikel,
20 Kunststoffpartikel oder Kompositpartikel. Dabei werden
Teilchendurchmesser zwischen 0,5 und 2 μm oder auch
bis etwa 5 μm bevorzugt, um die oben angesprochene
Abdicht- und Brückenfunktion zu erfüllen, wobei für
stärker geschädigte kranke Gewebereiche und zur
25 mechanischen Bearbeitung von Gewebe auch Teilchenpar-
tikel mit größerer mittlerer Korngröße geeignet sind
(5-10 μm bis hin zu 20, 50 oder 100 μm).

- Die Wahl der Partikelgrößen erfolgt je nach Anwendung:
30

- Ist man an den abrasiven Eigenschaften der Teilchen
interessiert, wählt man Teilchen mit mittleren oder
größeren Durchmessern aus der oben angegebenen Skala.
Möchte man dagegen offene Dentinkanälchen im Sinne
35 der Herstellung einer internen Diffusionsbarriere

verlegen (sei dies außen an sensiblen Zahnhälsen oder nach innen bei der Pulpa zugewandten Defektoberflächen) verwendet man Partikelgrößen, die den kleineren oben genannten Größenbereichen entsprechen.

05

In beiden Fällen können derartige inerte Partikel Haftsubstrate bilden.

10

Gegebenfalls können auch Gemenge verschiedener Partikel verwendet werden, die unterschiedlichen mittleren Teilchendurchmesser aufweisen, wobei diese unterschiedlichen mittleren Teilchendurchmesser im Hinblick auf optimale Funktion für verschiedene der oben angesprochenen Teilaufgaben gewählt sind.

15

f) Pulpawirksame Lösungen: diese Lösungen enthalten Wirkstoffe, die Heilungsprozesse in der Pulpa unterstützen können und werden verwendet, wenn der zu remineralisierende kranke Gewebereich der Pulpa benachbart ist. Beispiele für solche Wirkstoffe sind BMP (Bone Morphogenetic Proteins) sowie Kalziumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) zur Anregung der Hartgewebekonstruktion und K- und Sr-Verbindungen zur Desensibilisierung der Pulpa.

20

25 g) Remineralisationsfördernde Flüssigkeiten: diese Flüssigkeiten enthalten Wirkstoffe, welche die Remineralisation unterstützen. So verschieben z.B. Fluoride das De-/Remineralisationsgleichgewicht zugunsten der Remineralisation, auch in saurer Umgebung (bis pH 4,5).
30 Auch gezielte bakteriostatische oder bakteriozide Wirkungen, wie sie z.B. Chlorhexidin bereitstellt, unterstützen die Remineralisation (Elimination der säurebildenden Bakterien). Die Remineralisation selbst erfolgt vorzugsweise durch im Speichel gelöste Mineralien, die über den "natürlichen Karieszugang" zur
35

Läsion gelangen.

- h) Bei der Reinfiltration verwendete Flüssigkeiten: Diese bilden nach dem Aushärten in den porösen Strukturen und/oder Kavitationen der Läsion und/oder in durch
05 Präparation erzeugten Hohlräumen und/oder in benachbarten Gewebestrukturen ein Hartgewebe-Ersatzmaterial.

Die oben genannten Behandlungsflüssigkeiten können in
10 der gewünschten Reihenfolge nacheinander jeweils in einem Vorratsbehälter 100 von der Förderpumpe 76 angesaugt und in den Arbeitskanal 32 und damit in den kranken Gewebebereich 24 gedrückt werden.

- 15 Wo ein kranker Gewebebereich in Strömungsverbindung mit der Zahnaußenfläche steht, reicht es, die Behandlungsflüssigkeit ständig unter Druck zu halten; die Behandlungsflüssigkeit strömt dann durch den kranken Gewebebereich zur Zahnaußenfläche.

20 Wo eine derartige Strömungsverbindung nicht besteht, weil der kranke Gewebebereich von gesundem Gewebe umgeben ist, unterstützt man den Flüssigkeitsaustausch zwischen dem kranken Gewebe und dem Arbeitsabschnitt 42
25 des Handstückes 36 dadurch, daß man ein Arbeitsprogramm "Behandlung-Drücken und Saugen" der Steuer- und Auswerteeinheit 88 auswählt, bei welchem das Magnetventil 72 intermittierend zwischen seinen beiden Arbeitsstellungen umgeschaltet wird, wodurch Behandlungsflüssigkeit inter-
30 mittierend in das kranke Gewebe gedrückt und aus diesem wieder herausgesogen wird. Zurückgesaugte Flüssigkeitsmengen werden von der Saugpumpe 80 in eine Sammelbehälter 102 abgegeben.

- 35 Die verschiedenen oben angesprochenen Flüssigkeiten

werden somit für folgende Zwecke verwendet:

Diagnostik: Es wird geprüft, ob eine Läsion zur Zahnoberfläche hin permeabel ist ("natürlicher Karieszugang"),
05 und wenn ja, ob die Permeabilität so groß ist, daß eine Remineralisierung nicht mehr möglich ist.

Behandlung zur Unterstützung der Remineralisation: Eine Meßstelle umgebendes remineralisierbares Gewebe bildet
10 eine gute Diffusionsbarriere. Durch Einbringen einer Behandlungsflüssigkeit unter kontinuierlichem Druck erfolgt über längere Zeit hinweg eine Diffusion der in der Behandlungsflüssigkeit enthaltenen Wirkstoffe in das umgebende Gewebe, wodurch dieses für eine bessere Remineralisation
15 vorbereitet wird. Der Austausch zwischen Gewebeflüssigkeit und Behandlungsflüssigkeit kann durch Pumpwirkung unterstützt werden, indem die Behandlungsflüssigkeit alternierend unter Überdruck und Unterdruck gesetzt wird.

20 Behandlung zur Vorbereitung einer Reinfiltration: Durch rasche Druckwechselbelastung oder "Wasserstrahlwirkung", durch Ultraschalleinwirkung (ggf. unterstützt durch abrasive Partikel) werden irreversibel zerstörte Gewebeteile innerhalb des Läsionsvolumens ausgeräumt. Dabei
25 dient das Behandlungsmedium als Koppel- und Transportmedium. Soweit das Behandlungsmedium zusätzlich Wirkstoffe enthält, erfolgt auch ein Einbringen der Wirkstoffe in die verbleibende Gewebestruktur, wo diese dann ihre chemische oder biologische Wirkung entfalten
30 können.

Spülwirkung: Bei großer Durchlässigkeit der Diffusionsbarriere kann man die Behandlungsmedien auch kontinuierlich durch die Läsion hindurchdrücken (reine Spül- bzw. Abführ-
35 bzw. Trocknungswirkung).

Reinfiltration: Es wird ein flüssiges aushärtbares Material eingebracht, welches ggf. noch zurückgebliebene Reste anderer Behandlungsmedien verdrängt und nach dem Aushärten
05 ein Zahnersatzmaterial bildet.

Zur Vereinfachung eines mehrstufigen Behandlungsverfahrens kann man auch mehrere der Behandlungsflüssigkeiten gemischt in einen Vorratsbehälter 100 geben und gemeinsam dem kranken Gewebereich zuführen.
10

Es versteht sich, daß ein Vorratsbehälter 100 für Behandlungsmedium in der Praxis kein offenes Gefäß ist, vielmehr ein steriler Beutel, der an die als Kanüle ausgebildete
15 Ansaugleitung der Förderpumpe 76 angeschlossen wird.

Aus der obenstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit Figur 4 ist ersichtlich, daß das dort gezeigte Gerät ein kombiniertes Diagnose- und Behandlungsgerät ist,
20 welches sich zur Diagnose wahlweise mit gasförmigen und flüssigen Diagnosemedien und zur Behandlung wahlweise mit gasförmigen und flüssigen (oder wenigstens kurzzeitig in fließfähigem Zustand versetzten) Behandlungsmedien eignet.

25

Die Umsetzung der Druckanstiegen, Druckabfällen oder Flüssigkeitsströmen und Änderungen derselben zugeordneten elektrischen Ausgangssignale in ein der Stärke der Erkrankung des kranken Gewebereiches 24 entsprechende
30 elektrische Signale, die auf dem Bildschirm 96 ausgegeben werden, erfolgt durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88. Hierbei kann die Steuer- und Auswerteeinheit zum einen gemäß Algorithmen arbeiten, welche aus den Strömungsgesetzen abgeleitet sind; die Steuer- und Auswerteeinheit kann aber stattdessen oder zusätzlich auch nach
35

Zuordnungstabellen arbeiten, die anhand von früheren Untersuchungen oder Messungen an Testmaterialien gewonnen wurden. Dabei können unterschiedliche Zuordnungstabellen verwendet werden, die unterschiedlichen Zahnarten (Backen-
05 zähne, Schneidezähne), dem Geschlecht des Patienten und dem Alter des Patienten Rechnung tragen. Diese Tabellen sind auf dem Massenspeicher 92 abgelegt, und die jeweils benötigte wird für eine spezielle Messung von der Steuer- und Auswerteeinheit 88 geladen.

10

Ferner enthält der Massenspeicher 92 unterschiedliche Meßprogramme (z.B. für gasförmige Diagnosemedien und flüssige Diagnosemedien unterschiedlicher Viskosität). Schließlich sind auf dem Massenspeicher 92 auch die
15 Behandlungsprogramme abgelegt, welche die Steuerung der Magnetventile 62, 72 und die Steuerung der Arbeitsdrucke über die Stellmotoren 82, 84 sowie eine Strombegrenzung durch die Drossel 70 durch den Stellmotor 68 für die verschiedenen Behandlungsmedien vorgeben.

20

In Figur 5 ist ein Handstück (und zugeordnete Versorgungs- und Auswerteeinheiten) gezeigt, welches nur der Diagnose dient. Gerätekomponenten, die obenstehend unter Bezugnahme auf Figur 4 schon erläutert wurden, sind
25 wieder mit denselben Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals im einzelnen beschrieben.

Das Diagnosegerät nach Figur 5 arbeitet taktil und weist eine Meßspitze 104 auf, die in radialer Richtung durch
30 ein seitliches Fenster 106 bewegbar ist, welches in der Umfangswand des zylindrischen Arbeitsabschnittes 42 vorgesehen ist.

Die Meßspitze 104 ist von einem kurzen Hebel 108 getragen,
35 gen, der bei Ende des Arbeitsabschnittes 42 drehbar

gelagert ist. Am Hebel 108 greift über einen Zwischenlenker 110 ein Betätigungsstab 112 an, der mit einem kleinen Arbeitszylinder 114 verbunden ist. Dieser ist durch eine Feder in eine eingefahrene Stellung vorgespannt
05 und kann über die Magnetventile 62, 72 mit dem Ausgang des Verdichters 76 verbunden werden.

Dem Arbeitszylinder 114 ist ein Stellungsgeber 116 zugeordnet. Dessen Ausgangssignal ist somit ein Maß für
10 die radiale Stellung der Meßspitze 104.

Der Arbeitsabschnitt 42 ist im Arbeitskopf 40 drehbar gelagert und trägt ein Zahnrad 118, welches mit einem Ritzel 120 kämmt, das durch einen Stellmotor 122 gedreht wird. Auf diese Weise kann man die Winkelstellung
15 des Fensters 106 und damit den Meßpunkt der Meßspitze 104 um die Achse des Arbeitskanales 32 drehen. Durch mehr oder weniger starkes Zusammendrücken der Schraubenfeder 50 kann man die axiale Stellung des Meßpunktes
20 vorgeben. Damit kann das Diagnosegerät insgesamt die Härte des Gewebes in axialer Richtung und in Umfangsrichtung aufgelöst messen. Die Winkelstellung des Fensters 106 kann die Steuer- und Auswerteeinheit 88 dabei aus der zurückliegenden Erregung des Stellmotors 122
25 ableiten, z.B. im Falle eines Schrittmotors aus der Anzahl der diesem zuvor zugeführten in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung wirksamen Stellimpulse.

Das in Figur 5 gezeigte Diagnosegerät kann in zwei unterschiedlichen Betriebsarten betrieben werden:
30

In der ersten Betriebsart gibt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 einen festen Druck der auf den Arbeitszylinder 114 gegebenen Druckluft vor, und an den verschiedenen Meßstellen wird über das Ausgangssignal des Stellungs-
35

gebers 116 die Eindringtiefe der Meßspitze 104 ins Gewebe gemessen.

In der zweiten Betriebsart wird von der Steuer- und Auswerteeinheit 88 der durch den Druckregler 74 vorgegebene Druck über den Stellmotor 84 sukzessive erhöht, bis der Stellungsgeber 116 ein vorgegebenes Ausgangssignal bereitstellt. Der Druck, bei dem die entsprechende vorgegebene Eindringtiefe der Meßspitze 104 erhalten wird, ist dann ein Maß für die Härte des Gewebes.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 kann die verschiedenen axial und in Umfangsrichtung aufgelösten Meßwerte graphisch auf dem Bildschirm darstellen, z.B. in Form eines Bildes des Arbeitskanales 32, auf dessen Wandfläche die verschiedenen Härtewerte durch unterschiedliche Farben wiedergegeben sind. Auf diese Weise erhält der Zahnarzt anschaulich eine Information über die räumliche Ausdehnung des kranken Gewebebereiches und das Ausmaß der Gewebeschädigung.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 5 wurde die Ver- und Entsorgungseinheit 86 genauso wiedergegeben wie in Figur 4, obwohl einige ihrer Funktionen für das in Figur 5 gezeigte Handstück nicht notwendig sind, das ein reines Diagnosehandstück ist. Damit soll zum einen zum Ausdruck gebracht werden, daß das Diagnosehandstück gemäß Figur 5 anstelle eines Diagnosehandstückes gemäß Figur 4 an dieselbe Ver- und Entsorgungseinheit 86 und dieselbe Steuer- und Auswerteeinheit 88 angeschlossen werden kann. Zum anderen können Teile der Ver- und Entsorgungseinheit 86 auch mit Handstücken verwendet werden, die sich durch Abwandlung des in Figur 5 gezeigten Handstückes ergeben. So kann man dann, wenn man den Arbeitszylinder 114 mit einer Antriebsflüssigkeit beaufschlagt,

den Strommesser 66 auch als Stellungsmesser für den Arbeitszylinder verwenden, wodurch dann der gesonderte Stellungsgeber 116 entfallen kann.

- 05 Auch kann man den Hydraulikzylinder 114 so ausbilden, daß er unter vorgegebener Federkraft in die ausgefahrene Stellung vorgespannt ist. Er wird dann durch das Sauggebläse bzw. die Saugpumpe 80 eingefahren, wenn der Arbeitsabschnitt 42 im Arbeitskanal 32 axial verlagert
- 10 oder gedreht wird. Mit dem Stellungsgeber 116 wird nach Entlüften des Hydraulikzylinders 114 gemessen, wie weit die Meßspitze 114 unter der vorgegebenen Federkraft in das Gewebe eindringt.
- 15 Figur 6 zeigt die Spitze eines abgewandelten Arbeitsabschnittes 42. Die Meßspitze 104 ist das angeschärfte Ende eines Drahtstückes 124, welches in einer gekrümmten Führungsbohrung 126 des massiv ausgebildeten Endabschnittes 128 des Arbeitsabschnittes 42 läuft. Das linke
- 20 Ende des Drahtstückes 124 ist fest mit der Betätigungsstange 112 verbunden.

- Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 erfolgt somit die Bewegungsumlenkung in eine Richtung mit radialer
- 25 Komponente durch die Führungsbohrung 126 in Verbindung mit der Biegebarkeit des Drahtstückes 124; im übrigen arbeitet die Meßspitze 104 ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 5 beschrieben.

- 30 Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 7 trägt der Arbeitsabschnitt 42 am vorderen Ende eine Linsenanordnung 130 bestehend aus einer Sammellinse und einer Streulinse. Das am hinteren Ende des Arbeitsabschnittes 42 gehaltene Licht wird durch eine weitere Linse 132 auf einem Bild-
- 35 wandler 134 abgebildet. Letzterer ist mit einer Video-

Schnittstelle der Steuer- und Auswerteeinheit 88 verbunden.

- Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 speist über eine
- 05 gesteuerte Spannungsquelle 136 eine kleine Halogenbirne 138, die über eine Sammellinse 140 und einen halbdurchlässigen Spiegel 142 Licht auf die Achse des Arbeitsabschnittes 42 richtet.
- 10 In einem praktischen Ausführungsbeispiel kann man in Abwandlung eine Koaxial-Lichtleiteranordnung verwenden, die ganz oder teilweise flexibel ist. Ein zentraler Lichtleiter führt das von der Optik erzeugte Bild der
- 15 Lichtleiter führt Beleuchtungslicht zu, welches von einer Halogenlampe oder einer Xenon-Hochdrucklampe erzeugt wird.

- Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 vergleicht die vom Bildwandler 134 bereitgestellten Bilder, die der unmittelbaren Umgebung des Endes des Arbeitsabschnittes 42 entsprechen, mit auf dem Massenspeicher 92 abgelegten Referenzbildern bezüglich Größe der Poren und Färbung. Zusätzlich kann das vom Bildwandler 134 erzeugte Bild auf dem Bildschirm 96 vom Arzt betrachtet werden. Durch
- 25 diese direkte Betrachtung und aus dem Vergleich mit Referenzbildern kann bestimmt werden, in welchem Ausmaß das vor der Linsenordnung 130 liegende Gewebe geschädigt ist.

- 30 Statt in Reflexion kann man auch in Transmission, also transdental messen, wobei das Licht über den Arbeitskanal 32 der Läsion zugeführt wird und die Beobachtung des Defekts unter Verwendung einer Videokamera von der Außenseite des Zahnes her erfolgt.

35

- In Abwandlung des Ausführungsbeispiels nach Figur 7 kann man auch nur die Gewebefarbe als Unterscheidungskriterium verwenden und dann den Bildwandler 134 durch einen Lichtdetektor und ein vor diesem angeordnetes
- 05 Farbfilter ersetzen (wie ähnlich unter Bezugnahme auf Figur 11 noch erläutert wird), wobei der Arbeitskopf 40 dann vorzugsweise eine Führung aufweist, um unterschiedliche Farbfilter vor den Lichtdetektor stellen zu können.
- 10 Bei dem Diagnosegerät gemäß Figur 8 ist am Ende des Arbeitsabschnittes 42 ein elektroakustischer Wandler 144 vorgesehen, vorzugsweise ein Ultraschall abgebender piezoelektrischer Wandler. Der Wandler 144 wird von
- 15 einem Betriebskreis 146 her mit entsprechend hochfrequenter Spannung beaufschlagt und dem Betriebskreis 146 ist ein Lastfühlkreis 148 zugeordnet, der ein Ausgangssignal bereitstellt, welches der dem Wandler 144 zugeführten Energie zugeordnet ist. Diese ist größer, wenn das den Wandler 144 umgebende Gewebe mehr Schallenergie
- 20 aufnimmt. Dies ist gerade dann der Fall, wenn dem Wandler 144 krankes Gewebe gegenüberliegt, welches größere Poren aufweist und dessen Material schlechtere Elastizität hat. Auf diese Weise kann wieder in axialer Auflösung (Kraftmesser 52 in Verbindung mit der Schraubenfeder 50) gesundes
- 25 und krankes Gewebe in Längsrichtung des Arbeitskanales 32 unterschieden werden.

In Figur 8 wurde der Ultraschallwandler als am Ende des Arbeitsabschnittes 42 gelegen dargestellt. Es ver-

30 steht sich, daß man den Ultraschallwandler auch im Inneren des Handstückes 36 vorsehen kann und den Ultraschall über den Arbeitsabschnitt 42 zur Läsion führen kann. In diesem Falle wird dann die Arbeitsspitze als schwin-

gende Sonotrode ausgebildet.

35

Zur Ankopplung des Ultraschalls an das zu diagnostizierende Gewebe dient vorzugsweise Wasser. Dieses kann sich schon in den eventuell vorhandenen Poren oder Kavitäten des Gewebes finden. Man kann auch zum Koppeln dienendes
05 Wasser zusätzlich in den Arbeitskanal bringen. Anstelle von Wasser können auch andere Medien, z.B. Gele verwendet werden.

Wünscht man nicht nur eine axiale sondern auch eine
10 laterale Auflösung der Läsion, so kann man den Ultraschallwandler auch so an der Arbeitsspitze 42 anbringen, daß er in radialer Richtung abstrahlt. Alternativ kann man die Arbeitsspitze 42 als den Schall in radiale Richtung umlenkende Sonotrode ausbilden. Durch Drehen derartiger
15 auch (oder ausschließlich) in radialer Richtung messender Ultraschall-Meßspitzen kann man auch in Umfangsrichtung die räumliche Auflösung der Läsion ermitteln.

Oben stehend wurde betrachtet, daß sich krankes und
20 gesundes Gewebe in der Absorbtion von Ultraschall unterscheiden. Dies bedeutet zugleich, daß sich krankes und gesundes Gewebe in der Ultraschall-Reflexion unterscheiden. Man kann somit auch nach der Laufzeitmethode (Zeitdifferenz zwischen der Abgabe und dem Empfang eines Ultraschall-
25 Impulses) die Stärke einer lokalen Gewebeschädigung ermitteln.

Wie oben schon in Zusammenhang mit der mechansichen Meßspitze 104 beschrieben, kann man die räumliche Aus-
30 dehnung der Läsion durch axiales Bewegen und Drehen der Meßspitze ermitteln.

Eine für den Zahnarzt leicht lesbare Darstellung des Gesundheitszustandes des Gewebes kann man durch Zuord-
35 nung unterschiedlichen Farben zu unterschiedlich gesun-

den Gewebebereichen bei der Monitorarstellung des vom Bildwandler erzeugten Bildes erhalten.

Das in Figur 9 gezeigte Handstück 36 ist geometrisch
05 demjenigen nach Figur 8 sehr ähnlich, nur trägt das
Ende des Arbeitsabschnittes 42 anstelle eines elektro-
akustisches Wandlers zwei ringförmige axial beabstan-
dete Elektroden 150, 152. Diese sind mit einem Wider-
standsmeßkreis 154 und/oder einem Frequenzanalysator
10 verbunden. Unter Meßbedingungen mißt der Widerstandskreis
154 durch Anlegen einer kleinen Spannung an die Elektroden
150, 152 die Leitfähigkeit derjenigen Gewebebereiche,
welche die Elektroden 150, 152 in der jeweiligen Stellung
des Arbeitsabschnittes 42 überbrücken. Da die elektrische
15 Leitfähigkeit des kranken Gewebes sich von der des gesunden
Gewebes unterscheidet (wegen unterschiedlicher Porenstruk-
tur und der unterschiedlichen Füllung durch Flüssigkeit)
kann die mit dem Ausgangssignal des Widerstandsmeßkreises
154 beaufschlagte Steuer- und Auswerteeinheit 88 wie-
20 der das Ausmaß der Gewebeschädigung in Längsrichtung
des Arbeitskanales 42 ermitteln und aufzeichnen.

Eine solche Messung kann auch transdental erfolgen,
wobei eine Elektrode auf die äußeren Zahnflächen, z.B.
25 als dünne Folienelektrode zwischen die Approximalober-
flächen des betroffenen Zahnes und des Nachbarzahnes
positioniert wird und dort meistens klemmt, z.B. im
Bereich des "natürlichen Karieszuganges" von approximal,
und die andere Elektrode via Arbeitskanal in den Defekt
30 vorgeschoben und innerhalb desselben verschieden posi-
tioniert wird. Da gesunder Schmelz ein sehr guter elektri-
scher Isolator ist und innerhalb kariös veränderten
Schmelzes in Abhängigkeit vom Demineralisationsgrad der
prozentuale Wasseranteil erhöht ist, kann aus der Verän-
35 derung elektrischer Widerstände und/oder der Verschiebung

von Wechselstromfrequenzen auf die Qualität des Hartgewebes in diesem Bereich rückgeschlossen werden.

Bei dem weiter abgewandelten Ausführungsbeispiel nach
05 Figur 10 trägt der Arbeitsabschnitt 42 ein poröses Test-
röhrchen 156, welches z.B. aus gesintertem Keramikmate-
rial hergestellt ist. Verbindet man das Innere des Test-
röhrchens 156 über das Magnetventil 62 und das Magnetven-
til 72 mit dem Einlaß des Sauggebläses 80 wird Flüssig-
10 keit aus den das Teströhrchen umgebenden Gewebebereichen
angesaugt. In dieser Flüssigkeit enthaltene Gewebepar-
tikel und Bakterien bleiben im Material des Teströhr-
chens 156 hängen. Auch bleibt in der Wand des Teströhr-
chens jeweils ein Rest abgesaugter Gewebeflüssigkeit,
15 wenn das Absaugen beendet wird.

Durch Analyse der in den verschiedenen Wandabschnitten
des Teströhrchens 156 zurückgehaltenen Materialien (Ge-
webeflüssigkeit, Bakterien, Gewebefragmente) läßt sich.
20 wiederum ermitteln, an welchen Stellen krankes, an wel-
chen gesundes Gewebe vorliegt.

Eine weitere Differenzierung der Art und des Ausmaßes
der Gewebeerkrankung kann man bei dem Diagnosegerät
25 gemäß Figur 10 so bewerkstelligen, daß man zunächst
Flüssigkeit vom unbehandelten Gewebe absaugt, dann unter
Verwendung der unter Bezugnahme auf Figur 4 obenstehend
erläuterten Möglichkeiten nacheinander eine Diagnoseflüs-
sigkeit und/oder eine Behandlungsflüssigkeit (Ätzflüssig-
30 keit, Primerflüssigkeit) in das Gewebe preßt und dann
wieder eine Absaugung vornimmt, wobei letzteres jeweils
mit neuen Teströhrchen erfolgt.

Die oben beschriebenen Diagnose- und Behandlungsgeräte
35 wurden im Zusammenhang mit einem Arbeitskanal 32 einge-

setzt, der eine Sackbohrung war, wobei der Arbeitskanal bei bis an die Zahnoberfläche geschädigtem Gewebe über die gestörte Gewebestruktur zur Umgebungsatmosphäre weniger oder mehr geöffnet war, je nach dem Ausmaß der Gewebeschädigung.

Insbesondere dann, wenn man den Arbeitskanal 32 nur zu Diagnosezwecken verwendet, ist es wünschenswert, wenn der Arbeitskanal 32 nur minimalen Durchmesser hat. In diesem Falle kann es vorteilhaft sein, den Arbeitskanal so weit zu führen, daß er sich durch den gesamten Zahn hindurch erstreckt. Man kann dann das Diagnosegerät (und das Behandlungsgerät) in zwei Teile unterteilen, die mit den beiden Enden eines solchen durchgehenden Arbeitskanales verbunden sind, wie in Figur 11 dargestellt.

In das in Figur 11 links gelegene Ende des Arbeitskanales 32 ist ein erster monofiler dünner Lichtleiter 158 mit sphärischer Stirnfläche eingesetzt, der Licht von einer Halogenlampe 160 über eine Sammellinse 162 erhält. Das von der den Arbeitskanal 32 umgebenden Gewebefläche reflektierte Licht wird von einem ähnlich ausgebildeten Lichtleiter 164 aufgefangen, und das von diesem abgegebene Licht wird über eine Linse 166 und ein Farbfilter 168 auf einen Lichtdetektor 170 gegeben. Das Ausgangssignal des Lichtdetektors 170 wird wieder als Maß für die Gewebeschädigung genommen.

Die Enden der Lichtleiter 158 und 164 sowie die mit diesen zusammenarbeitenden Komponenten sind in einem Gehäuse 172 untergebracht. Ein dünner Distanzstab 174 ist vom Ende eines der Lichtleiter getragen und hält die Enden der Lichtleiter im Arbeitskanal 32 auf vorgegebenem Abstand.

Es versteht sich, daß man anstelle des Farbfilters 168 und des Lichtdetektors 170 auch wieder einen Bildwandler vorsehen kann, dessen Ausgangssignale auf eine Einheit zur Bildverarbeitung und Bildauswertung gegeben wird.

Das in Verbindung mit Figur 11 geschilderte Transmissionsprinzip läßt sich auch auf die Therapie anwenden: In diesem Falle entspricht dann der Lichtleiter 158 einer dünnen Kanüle, die mit einer Quelle für Behandlungsfluid verbunden ist, während der Lichtleiter 164 einer Kanüle entspricht, die mit einer Absaugeinrichtung verbunden ist.

Bei einer weiteren, nicht gezeigten Ausführungsform der Erfindung kann man auf der einen Seite des Zahnes ein erstes Handstück für optische Gewebekontrolle anbringen, welches eine im Arbeitskanal angeordnete Optik hat, und am zweiten Ende des Arbeitskanales ein Handstück zur optischen Kontrolle des Gewebes vorsehen, welches eine außerhalb des Arbeitskanales liegende Optik hat. Diese können abwechselnd als Licht bereitstellendes Handstück und Licht entgegennehmendes Handstück verwendet werden und über einen Umschalter wahlweise mit der Lichtquelle oder einem Lichtdetektor oder Bildwandler verbunden werden.

Figur 12 zeigt ein reines Behandlungsgerät, welches dazu dient, Behandlungsflüssigkeit dem kranken Gewebereich 24 zuzuführen und verbrauchte Behandlungsflüssigkeit von dort wieder abzuziehen. Im wesentlichen entspricht das in Figur 12 gezeigte Behandlungs-Handstück dem kombinierten Diagnose- und Behandlungshandstück gemäß Figur 4 unter Weglassung der der Messung des Gewebezustandes dienenden Handstückkomponenten.

Das Magnetventil 62 ist nun als 3/2-Ventil ausgebildet, und dessen zweiter Eingang steht mit einem aus Kunststoff gespritzten Balg-Vorratsbehälter 176 über eine lösbare Steckverbindung 178 in Verbindung, in welchem ein weiteres Behandlungsmedium enthalten ist. Dieses Behandlungsmedium, welches auch höhere Viskosität aufweisen kann, wird dadurch aus dem Vorratsbehälter 176 herausgedrückt, daß der Arzt auf die freie Stirnfläche des Vorratsbehälters 176 drückt. Dabei zeigt ihm eine durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 gesteuerte LED 180 an, wann das Magnetventil 62 in derjenigen Stellung steht, in welcher der Vorratsbehälter 176 mit dem Inneren des Arbeitsabschnittes 42 verbunden ist.

15

Durch das Konfektionieren des Behandlungsmediums in Kunststoff-Vorratsbehältern 176 wird es möglich, eine größere Anzahl unterschiedlicher Behandlungsmedien rasch aufeinanderfolgend anzuwenden. Der Totraum zwischen Vorratsbehälter 176 und der Applikationsstelle ist nur gering.

Das Steckverbinderteil 178 ist auf Übermaß gefertigt und zunächst am Ende verschlossen. Durch Abschneiden seines Endabschnittes wird es auf die jeweils benötigte Länge gebracht, wodurch zugleich der Vorratsbehälter geöffnet wird.

In Abwandlung des Ausführungsbeispielles nach Figur 12 kann man das Ausbringen des Behandlungsmediums aus dem Vorratsbehälter 176 auch durch einen durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 gesteuerten Motor bewerkstelligen, z.B. einen Druckluft- oder Hydraulikmotor, der über ein weiteres Magnetventil mit dem Ausgang der Förderpumpe 76 verbindbar ist.

Wie aus Figur 13 ersichtlich, kann man das am Vorratsbehälter 176 befindliche Steckverbinderteil 182 der Steckverbindung 178 so ausbilden, daß es auch direkt
05 in den Arbeitskanal 32 paßt, wobei ein konischer Übergangsabschnitt 184 des Steckverbinderteils 182 für die Abdichtung sorgt.

In Abwandlung kann man eine Spritze verwenden, welche mit
10 einem flüssigen Behandlungsmedium gefüllt ist. Durch Drücken des Stempels der Spritze läßt sich dann Behandlungsmedium in den Arbeitskanal 32 einspeisen.

Ist der kranke Gewebebereich 24 sehr nahe bei der Zahnoberfläche angeordnet und ist die Schädigung des Gewebes schon so stark, daß ein erheblicher Leckpfad zur Zahnoberfläche gebildet wird, treten durch das kranke Gewebe bei Flüssigkeitsbeaufschlagung des Arbeitskanales 32 größere Flüssigkeitsmengen zur Zahnoberfläche hin aus.
15 Um zu verhindern, daß diese Flüssigkeitsmengen auch auf den benachbarten Zahn einwirken und in den Mund des Patienten gelangen, kann man gemäß Figur 15 zwischen die beiden Zähne ein Saugteil 200 einschieben, wobei gegebenenfalls durch einen Keil 202 der Zahnabstand
20 vorübergehend vergrößert wird. Der Saugteil 200 ist ein aus Gummi oder Kunststoff gefertigtes Hohlteil, welches über einen Anschlußstutzen 204 mit einer Saugleitung 206 verbunden ist. In der in der Zeichnung links
25 gelegenen Hauptfläche ist das Saugteil 200 mit einer Saugöffnung 208 versehen, welche neben den kranken Gewebebereich 24 gestellt wird.
30

Zur Behandlung von oberflächennahen Gewebedefekten eines Zahnes kann man eine Behandlungskappe 210 vorsehen (vgl.
35 Figur 15), die ähnlich wie ein Saugnapf ausgebildet ist

und eine kegelstumpfförmige Begrenzungswand 212 aufweist, die unter elastischer Verformung mit ihrem Rand eine Dichtstelle zur Zahnoberfläche darstellt. An die obere Kappenwand 214 ist ein Anschlußstutzen 216 angeformt, der
05 beispielsweise mit dem Steckverbinderteil 182 des in Figur 13 gezeigten Vorratsbehälters 176 verbindbar ist.

Auf diese Weise kann man an der Zahnoberfläche liegende Gewebedefekte mit den verschiedenen weiter oben genannten
10 Behandlungsflüssigkeiten behandeln, um die Gewebeoberfläche für eine Remineralisierung vorzubereiten und dann zu remineralisieren bzw. zu reinfiltrieren.

Figur 16 zeigt ein Bohrer-Handstück 218, in welches
15 der in Figur 2 gezeigte Kernbohrer 30 eingesetzt wird. Das Handstück 218 hat einen Tiefenanschlag 220, der in der jeweils eingestellten Lage durch eine Fixierschraube 222 arretiert wird. Der Tiefenanschlag 220 wird gemäß der durch Röntgenbilder zuvor ermittelten
20 Groblage des erkrankten Gewebebereiches 24 eingestellt.

Der Tiefenanschlag 220 ist mittels einer Fixierschraube 222 auf einem Ringteil 224 einstellbar angebracht, das drehbar auf dem Werkzeug-Lagergehäuse 226 des Handstückes
25 218 sitzt und durch eine Fixierschraube 228 arretiert ist. Auf diese Weise kann man die Orientierung eines Griffteiles 230 des Handstückes 218 so wählen, wie dies für das Arbeiten des Zahnarztes am bequemsten ist, und die Lage des Tiefenanschlages 220 so wählen, wie dies im Hin-
30 blick auf sichere Abstützung am zu behandelnden Zahn am günstigsten ist.

Die vorstehenden Ausführungsbeispiele wurden im Zusammenhang mit gasförmigen und flüssigen Diagnose- und Behand-
35 lungsmedien eräutert.

In einen wie oben beschrieben erzeugten Arbeitskanal 32 kann man jedoch auch festes Behandlungsmedium geben, z.B. ein in Figur 17 gezeigtes, insgesamt mit 232 bezeichnetes Behandlungsröhrchen. Dieses hat einen hohl-
05 zylindrischen Hauptkörper 234, der z.B. aus porösem gesintertem Material bestehen kann. In die Poren des Sintermaterials und/oder in das Innere des Hauptkörpers 234 ist ein pulverförmiges Behandlungsmedium 235 (z.B.
10 ein Salz oder harzgebundene Wirkstoffe) eingefüllt.

Das Behandlungsröhrchen 232 hat ferner einen Kopfab-
schnitt 236, der leicht kegelig ist und vorzugsweise
in der Mitte mit einer Ansenkung 238 versehen ist.

15 Zum Gebrauch wird das Behandlungsröhrchen 232 in den Arbeitskanal 32 geschoben und stark in diesen hineingedrückt, so daß der auf seiner Umfangsfläche kegelige Kopfab-
schnitt 236 eine Dichtstelle mit dem Rand des
20 Arbeitskanales herstellt.

Im Laufe der Zeit füllt sich das Behandlungsröhrchen 234 dann mit Gewebeflüssigkeit, wodurch das in ihm ent-
haltene Behandlungsmedium, insbesondere ein Fluoride
25 freisetzendes Salz langsam aufgelöst wird.

Die Freigabe des Behandlungsmediums kann man noch da-
durch modifizieren, daß man dieses harzgebunden in das
Behandlungsröhrchen 232 gibt, wobei die Harzmaterialien
30 so gewählt sind, daß eine über Wochen und Monate ge-
streckte Wirkstoffabgabe erfolgt.

Wird eine noch sichere Abdichtung des Arbeitskanales 32 nach außen gewünscht, kann man diesen gemäß dem Kopf-
35 abschnitt 236 des Behandlungsröhrchens 232 ansenken

und den Kopfabschnitt 236 in diese Ansenkung einkleben.

Zum wieder Entfernen des Behandlungsröhrchens 232 wird dann der Kopfabschnitt 236 abgebohrt, wozu ein entsprechender Bohrer an der Ansenkung 238 angesetzt wird.

Das Behandlungsröhrchen 232 kann auch aus einem gewebeverträglichen vorzugsweise porösen Material hergestellt sein, welches im Zahn auch über die Behandlungszeit hinaus verbleibt.

Für eine Langzeit-Überwachung und Langzeit-Therapie nicht freiliegender Läsionen ist es vorteilhaft, den Arbeitskanal 32 offen zu halten. Hierzu kann man in den Arbeitskanal 32 einen Schalungskörper 240 einsetzen, wie Figur 18 zeigt. Dieser ist eine dünnwandiges Röhrchen aus Glas oder Metall, in welches Gewebe nicht hineinwachsen kann. Ein kegelförmiger Kopfabschnitt 242 stellt wieder eine gute Abdichtung des äußeren Endes des Arbeitskanales 32 sicher. Das Ende des Schalungsröhrchens ist durch einen Gewindestopfen 244 verschlossen. Die Länge des Schalungsröhrchens ist durch Ablängen so bemessen, daß es vor dem kranken Gewebereich 24 endet.

Durch Abnehmen des Gewindestopfens 244 besteht langfristig ein Zugang zum kranken Gewebereich 24. Nach Beendigung der Therapie wird das Schalungsröhrchen gezogen oder es verbleibt endgültig .

Dann wird zumindest das Ende des Arbeitskanales 32 durch eine Füllmasse geschlossen.

Feste Restaurationskörper zum Ausfüllen des Arbeitskanales 32 können Präzisionspaßkörper z.B. aus Keramik oder Kunststoff (Inserts) sein. Sie verschließen eine behandelte

Läsion. Die Abdichtung erfolgt mit einem Fügematerial, z.B. einem Zement oder einem Kunststoff zum temporären oder dauerhaften Verschleiß des Arbeitskanales.

- 05 Auch beim Reinfiltrieren ist es wichtig, daß durch die Arbeitsspitze 42 das Ende des Arbeitskanales 32 dicht abgeschlossen ist, damit das Reinfiltrations-Material unter Druck, ggf. auch Druck-Wechselbelastungen in den Arbeitskanal eingespeist werden kann und die defekte
10 Gewebestruktur und anschließend auch den Arbeitskanal selbst blasenfrei ausfüllt.

- Nach der Reinfiltration besteht die "Füllung", die den Raum des zuvor erkrankten Zahngewebes bzw. darin ent-
15 haltener Poren oder Kavitäten wenigstens teilweise und vorzugsweise im Bereich der Kavitätenränder einnimmt, aus einem Mehrphasen-Gradientenmaterial umfassend teilweise erhaltene Bestandteile der Zahnhartgewebe, in diese reinfiltrierte Materialien, und Kavitationen verschließende Materialien, z.B. gefüllte Kunststoffe.
20

- Das Prinzip der Reinfiltration und der Wiederauffüllung des Defektes mit wenigstens für die Zeit der Einbringung in das Defektvolumen über den Arbeitskanal plastisch
25 verformbarem Material, ggf. unter zusätzlicher Verwendung eines konfektionierten Präzisionspaßkörpers, welcher gemäß der bekannten Form des Arbeitskanales (vorgegeben durch den Bohrer zum Erzeugen desselben) z.B. aus Kunststoff oder Keramik oder Metall gefertigt ist, erfolgt durch
30 Einspeisen einer aushärtbaren Flüssigkeit in den Arbeitskanal 32. Das hierzu verwendete Behandlungsgerät kann gleich oder ähnlich ausgebildet sein, wie die in den Figuren 4 und 5 gezeigten Geräte, wobei ggf. diejenigen Geräteteile weggelassen werden können, die der Bestimmung
35 von Stärke und Abmessung der Läsion dienen.

In Figur 19 ist ein Exkavationsgerät wiedergegeben, das dazu dient, einen durch einen Bohrer erzeugten Arbeitskanal 32 im Bereich einer durch Remineralisierung nicht mehr heilbaren Läsion radial aufzuweiten. Das insgesamt mit 246 bezeichnete Exkavationswerkzeug hat einen hohlzylindrischen Werkzeugschaft 248, an dessen Ende ein rinnenförmiges Schneidwerkzeug über ein Gelenk 252 verschwenkbar angebracht ist. Das Schneidwerkzeug hat grob gesprochen die Form einer halbzylindrischen Rinne, die an ihren Längsrändern mit einer Schneidkante 254 versehen ist. Das Schneidwerkzeug 250 stellt in der in Figur 19 gezeigten Ruhestellung eine Verlängerung der unteren Hälfte des Werkzeugschaftes 248 dar und ist durch eine angelenkte Betätigungsstange 256 aus dem lichten Profil des Werkzeugschaftes 248 herausklappbar. Eine derartige herausgeklappte Stellung des Schneidwerkzeuges 250 ist in Figur 19 durch gestrichelte Linien dargestellt.

Dreht man den Werkzeugschaft 248 bei zunehmend aus der Ruhestellung herausgeklapptem Schneidwerkzeug 250, so räumt die Schneidkante 254 Gewebe um den Arbeitskanal 32 herum aus. Durch gleichzeitiges axiales Verschieben und Drehen des Exkavationswerkzeuges 246 kann man Rücksprünge in dem dem Arbeitskanal 32 benachbarten Gewebe erzeugen, die zylindrische oder kugelförmige oder sonstige rotations-symmetrische Gestalt haben. Auf diese Weise kann man dem Arbeitskanal 32 benachbarte, stark geschädigte Gewebebereiche entfernen.

30

In Figur 20 ist ein abgewandeltes Exkavationswerkzeug 246 wiedergegeben, bei welchem der Werkzeugschaft 248 mit einem abgewinkelten Schnitt 258 versehen ist, so daß man einen in Umfangsrichtung gekrümmten Wandabschnitt 260 erhält. Dieser ist bei seinem freien Ende wiederum

mit einer Schneidkante 254 versehen. Der Wandabschnitt 260 ist mit einer radial nach innen eingepprägten Rampenfläche 262 versehen, die mit einer drehbar im Inneren des Endes des Werkzeugschaftes 248 angeordneten Nockenscheibe 264 zusammenarbeitet. An letzterer ist eine Stellwelle 266 befestigt. Vorzugsweise sind im Ende des Werkzeugschaftes 248 zwei Wandabschnitte 260 symmetrisch zur Schaftachse vorgesehen, die durch die Nockenscheibe 264 beide gleichsinnig betätigt werden.

10

In einer Ruhekonfiguration liegen die Wandabschnitte 260 wieder in der lichten Kontur des Werkzeugschaftes 248, und durch Drehen der Stellwelle 266 können sie progressiv über die Außenkontur des Werkzeugschaftes 248 ausgefahren werden. Durch Drehen des Werkzeugschaftes 248, Verstellen der Nockenscheibe 264 und ggf. axiales Verlagern des Werkzeugschaftes 248 können wieder den Arbeitskanal 32 umgebende Gewebebereiche ausgeräumt werden.

20 Bei einem weiter abgewandelten Exkavationswerkzeug, wie es in Figur 21 bei 246 dargestellt ist, ist durch den Werkzeugschaft 248 ein verformbarer Schlauchkörper 268 hindurchgeführt. Dieser ist mit einer Druckmittelquelle 270 verbunden, wie in Figur 21 schematisch angedeutet.

25 Der Schlauchkörper 268 steht in axialer Richtung über den Werkzeugschaft 248 über und trägt in diesem Bereich eine Frässhicht 272, die z.B. durch ein Gelege aus scharfe Längskanten aufweisenden Metallspänen sein kann. Alternativ kann die Frässhicht aus einem Rippenstreckmetallmaterial

30 bestehen oder eine Schicht aus geometrisch unregelmäßig ausgebildete Schneiden vorgebenden Partikeln, z.B. Industriediamanten, aufweisen.

Eine Frässhicht, die aus einem Gelege aus Metallspänen

35 oder aus einem Metallgitter wie Rippenstrickmetall be-

steht, kann auch zusätzlich noch Partikel enthalten,
die unregelmäßige Schneiden vorgeben.

Ferner kann das Gelege aus Metallspänen auch so ausgebil-
05 det sein, daß es nach Expansion in der Läsion im Sinne
einer Igelstruktur radiale Porositäten in das benachbarte
Gewebematerial der Läsion eindrückt, durch welche später
Behandlungsmaterialien auch in weiter von der Kavitäten-
oberfläche entfernte Gewebevolumina hinter bzw. unterhalb
10 der Wandflächen der Kavitation, also in die Oberflächen-
randstrukturen eindiffundieren können.

Anstelle des oben beschriebenen Schlauchkörpers kann
auch wenigstens das Ende des Werkzeugschaftes als Rohr
15 aus einem Metall, z.B. aus Nitinol (Nickel/Titan-Legierung)
ausgebildet sein.

Nitinol hat die Eigenschaft, daß aus ihm gefertigte
Werkzeuge ihre Gestalt mit Temperaturänderungen ändern
20 (thermisch induzierte Expansion). Man kann somit ein vor-
gekühltes und damit kollabiertes Instrument in den Arbeits-
kanal einführen, wo es dann durch Erwärmung expandiert
wird und seine geometrisch definierten Schneiden oder auf
ihm angebrachte nicht geometrisch definierte Schneiden (z.B.
25 Schneidkanten von Diamantbesatz) entfaltet. Das Wieder-
herausziehen des Werkzeuges aus dem Arbeitskanal nach
Durchführung der Arbeit kann unter mechanischem Zusammen-
drücken des Arbeitsabschnittes durch Zusammenarbeiten mit
der Wand des Arbeitskanales erfolgen. Ein solches Kolla-
30 bieren kann durch die Formgebung des Werkzeuges, z.B.
eine kegelstumpfförmige Anlauffläche des Arbeitsabschnittes
zum Schaftabschnitt hin, erleichtert werden. Gegebenenfalls
kann auch durch Wiederabkühlen das Werkzeug wieder kolla-
biert werden.

35

Der Schlauchkörper 268 kann auch aus einem elastisch oder plastisch verformbaren Material bestehen, z.B. Gummi, einem elastomeren Kunststoffmaterial, oder auch einem weichen Metallmaterial. Im letztgenannten Falle wird das durch
05 die Druckbeaufschlagung aufgeweitete Metallmaterial beim Herausziehen des Werkzeuges aus dem Arbeitskanal wieder plastisch in radialer Einwärtsrichtung verformt, wenn der aufgeweitete Abschnitt des Schlauchkörpers 268 wieder aus der erzeugten Kavität in den Arbeitskanal 32 zurück-
10 gezogen wird.

Figur 22 zeigt eine abgewandelte Dichtstelle zwischen einem Arbeitsabschnitt 42 eines Diagnose- oder Behandlungsgerätes und einem in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal
15 32. Der Arbeitsabschnitt 42 ist an seinem vom freien Ende abgelegenen Ende durch eine kegelförmige Dichtschulter 274 begrenzt. Auf den Arbeitsabschnitt 42 ist ein zylindrisches Dichtelement 276 aufgeschoben, welches durch ein Stück Silikonschlauch gebildet sein kann. Beim axialen
20 Hineinbewegen des Arbeitsabschnittes 42 in den Arbeitskanal 32 kommt die in Figur 22 rechts gelegene Stirnfläche des Dichtelementes 276 in Anlage an die Oberfläche des Zahnes 10, der in Figur 21 gestrichelt angedeutet ist. Beim weiteren Einschieben des Arbeitsabschnittes 42 wird
25 das Dichtelement 276 auf dem Arbeitsabschnitt 42 in Figur 22 nach links bewegt und sein von der Zahnoberfläche abgelegener Endabschnitt gleitet unter radialer Aufweitung auf die kegelförmige Dichtschulter 274, wie aus Figur 22 ersichtlich.

30

In Figur 23 ist ein Ultraschall-Bohrgerät insgesamt mit 278 bezeichnet, welches ebenfalls dazu dient, in einem Zahn einen kleinen Durchmesser aufweisenden Arbeitskanal zu erzeugen.

35

In einem griffähnlichen Gehäuse 280 ist ein Ultraschall-generator 282 angeordnet, der über einen Resonanz-Umlenk-ring 284 auf ein hohlzylindrisches Werkzeug 286 arbeitet.

- 05 Dem Innenraum des Werkzeuges 286 wird von einer Druck-
flasche 288 her ein abrasives Arbeitsmedium zugeführt,
welches z.B. eine wässrige Suspension abrasiver Schleif-
partikel sein kann, wie sie weiter oben als ein Beispiel
für eine Behandlungsflüssigkeit erläutert wurde. Dieses
10 Arbeitsmedium tritt durch das offene Ende des Werkzeuges
aus.

- Das in Figur 23 gezeigte Bohrgerät 278 erzeugt einen gut
maßhaltigen Arbeitskanal 32 unter Vermeidung zusätzlicher
15 mechanischer Gewebeschädigung in der Umgebung des Arbeits-
kanales 32. Auch können dadurch nicht rotationssymmetrische
Arbeitskanäle erzeugt werden.

- Figuren 24 und 25 zeigen ein weiter abgewandeltes insgesamt
20 mit 290 bezeichnetes Exkavationswerkzeug. Es ist aus einem
zylindrischen Rohrstück aus Nitinol (Nickel/Titan-Material)
hergestellt, welches in einem in Figur 24 links gelegenen
Abschnitt unverändert ist und einen Werkzeugschaft 292
vorgibt, während ein vorderer Arbeitsabschnitt 294 mit
25 einem zwei um 180° versetzten wendelförmigen Schlitz
versehen wurde. Die zwischen diesen Schlitz verbleibenden
wendelförmigen Bänder 296, 298 sind am Ende längs einer
Mantellinie abgeschnitten und angeschärft, so daß man
dort jeweils eine axiale Schneide 300 erhält.

- 30 Wird das in Figur 24 gezeigte Exkavationswerkzeug 290
vom Werkzeugschaft her gesehen entgegen dem Uhrzeigersinne
gedreht, so laufen die Schneideenden der Bänder 296, 298
ohne größeren Widerstand über die Wand eines zuvor er-
35 zeugten Arbeitskanales. Dreht man das Exkavationswerkzeug

- 290 in entgegengesetzter Richtung, so werden die Bänder 296, 298 durch die Reibungskräfte und Eingriff der jeweiligen Schneide 300 mit Gewebematerial in radialer Richtung aufgeweitet. Die Schneiden 300 lösen dann Gewebeteile von
05 der Wand des Arbeitskanales ab. Durch kontinuierliches Drehen kann man mit dem in Figur 24 gezeigten Exkavationswerkzeug 290 vom Arbeitskanal zurückspringende rotations-symmetrische Ausräumungen vornehmen.
- 10 Schlitzt man das Nitinol-Rohr nur einmal, so daß nur ein wendelförmiges Band erhalten wird, das am freien Ende wie oben beschrieben eine Schneide aufweist, so kann man durch pendelnde Bewegung des Exkavationswerkzeuges vom Arbeitskanal einseitig zurückspringende Gewebebereiche
15 ausräumen.

Obenstehend wurde die Erfindung aus der Sicht der Medizintechnik erläutert. Aus der Sicht des Arztes stellt sie sich wie folgt dar:

Prädilektionsstellen für Initialkariesläsionen sind das okklusale Fissurenrelief, der Zahnhalsbereich sowie die Approximalflächen (Zahnoberflächen im Kontaktbereich zu Nachbarzähnen) von Zähnen. Im Vergleich zu den ersten beiden Prädilektionsstellen, die der klinischen Inspektion durch den Zahnarzt direkt zugänglich sind, können Approximalkariesläsionen optisch (Auge) und taktil (Sonde) in der Regel nicht oder nur bei bereits sehr großer Ausdehnung diagnostiziert werden. Üblicherweise bedingt deren Diagnostik intraorale Röntgenmundfilmaufnahmen der betroffenen Zähne.

Aufgrund der Ausdehnung und der Struktur der Karies, welche durch den Aufbau der Zähne und die Struktur der Zahnhartgewebe sowie die Form des Approximalbereiches determiniert ist, ist die Auswertung von Röntgenaufnahmen im Hinblick auf eindeutige Diagnosefindungen und auf reproduzierbare Therapieentscheidungen, insbesondere bei kleineren oder mittleren Läsionen, sehr eingeschränkt.

Die Zahnschmelzkappe besteht zu über 90 Vol.% aus mineralischem Kalziumphosphat oder Apatit, einem kleinen Teil von direkt an die Kristalle gebundenem Wasser sowie einem sehr kleinen Teil < 2Vol.% an organischem Gewebe. Im Approximalbereich, an der Kariesprädilektionsstelle unterhalb des Zahnäquators ist diese ca. 1,0mm bis 1,5mm dick. Daran ins innere des Zahnes angrenzend besteht der Zahn aus Zahnbein (Dentin) welches zu ca. 45 Vol.% aus mineralischem Material, zu ca. 30 Vol.% aus organischem Gewebe und zu ca. 25 Vol.% aus vorwiegend in radiärer Richtung verlaufenden Dentinkanälchen enthaltenem Wasser aufgebaut ist.

Bei der röntgenologischen Durchstrahlung eines Zahnes von bukkal (Röntgenstrahlenquelle) nach oral (Filmebene) sind die Absorptionsstrecken für die Strahlenenergie von einer tangentialen Punktaborption bis hin zur Durchstrahlung einer maximalen Strecke im Bereich der Zahnmitte unterschiedlich lang. Soweit Dentinbereiche durchstrahlt werden, wird auch der Zahnschmelzmantel mit mehr als doppelt so hohem Anteil an hoch absorbierendem mineralischem Material doppelt (sowohl in den zur

Strahlenquelle, wie zum Film gerichteten Zahnvolumina) durchstrahlt.

Für eine zur Zahnmitte hin gerichtete, unterhalb des Approximalkontaktes lokalisierte Karies bedeutet dies folgendes: Sind ausschließlich Schmelzvolumina von der Karies betroffen, so ist der mineralische Anteil des kariös veränderten Zahnschmelzvolumens gegenüber dem benachbarten, gesunden Zahnschmelzvolumen reduziert, jedoch nicht auf Null, da aufgrund der prismenartigen Schmelzstruktur sonst zuvor das Dentin erreicht sein müßte. Bei einer solchen Initialkaries ist die Schmelzoberfläche aufgrund Ihrer geringeren Löslichkeit sehr lange im Sinne einer durchlässigen Membran intakt, worunter Zonen höherer Entkalkung, jedoch mit reversibel veränderter Struktur vorhanden sind. Im Röntgenbild, in dem eine Überlagerung der Absorptionseffekte entlang der gesamten Absorptionsstrecken (Abbildung der bukkal-oralen 3. Ebene auf ein zweidimensionales Röntgenbild) stattfindet, sind die Absorptionsunterschiede, welche durch die sehr stark unterschiedlichen Absorptionsstrecken bedingt sind in den meisten Fällen gegenüber denjenigen, welche auf den lokalisiert im Sinne einer Schmelzkaries veränderten Mineralgehalten beruhen, dominant. Als Ergebnis dieses physikalischen Effektes können selektive Schmelzapproximalkariesläsionen in den seltensten Fällen röntgenologisch zuverlässig diagnostiziert werden.

Noch problematischer werden diese strukturell im gesunden Zahnaufbau begründeten Überstrahlungseffekte bei Dentinkariesläsionen, da gesundes Dentin einen Mineralgehalt in der Größenordnung von kariös verändertem Zahnschmelz aufweist und die durch die Karies verursachten Mineralgradienten aufgrund des vergleichsweise geringen Gesamtmineralgehaltes von gesundem Dentin sowie der Überlagerung von bukkal und oral der Läsion lokalisierten gesunden Dentinanteilen und vor allem gesundem Zahnschmelz kaum röntgenologisch sichtbare Absorptionsunterschiede verursachen. Dies erklärt die klinische

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Erfahrung, daß in der Regel nur mittlere oder größere Dentinkariesläsionen mit einer fraglichen Zuverlässigkeit röntgenologisch diagnostiziert werden können.

Aufgrund der o.g. Struktur einer Initialkaries, in der der Mineralgehalt im Sinne eines von den benachbarten gesunden Zahnhartgeweben zum Läsionsmittelpunkt gerichteten, reduzierten Gradienten verändert ist, kann diese Läsion nach Elimination des bakterienbedingt sauren Mediums in der unmittelbaren Umgebung der betroffenen äußeren Zahnoberfläche remineralisieren und somit ausheilen. Dies ist im Bereich der Prädilektionsstellen des okklusalen Fissurenreliefs und des Zahnhalses aufgrund deren Zugänglichkeit und der für ein definiertes Läsionsvolumen vergleichsweise großen Oberfläche derselben relativ einfach. Im Approximalbereich läßt sich die ursächliche Plaque jedoch nur schwer vollständig entfernen, andererseits können Fluoride, welche die Löslichkeit von mineralischem Zahnhartgewebe im sauren Milieu reduzieren und selbst bei pH-Werten unterhalb von pH 5,5 das physiologische De-/Remineralisationsgleichgewicht der Zahnhartgewebe mit dem Speichel zugunsten der Remineralisation verschieben, nicht in die Approximalbereiche oder gar in die Läsionsvolumina appliziert werden. Remineralisationen von Approximalläsionen sind daher im Vergleich zu Zahnhalsläsionen eher selten. Im weiteren kann eine theoretisch angestrebte Remineralisation in den meisten Fällen klinisch aufgrund der bereits bei der Diagnostik beschriebenen Limitationen der Zugänglichkeit des Approximalbereiches und der Röntgendiagnostik nicht kontrolliert werden.

Aus diesen Gründen muß der Zahnarzt heute bei Verdacht auf eine Kariesläsion den Defekt durch Präparation einer Kavität durch die Okklusalfäche im Bereich der Randleiste eröffnen. Alleine zur Darstellung der etwa birnenförmig unterminierten, kariösen Läsion muß in den meisten Fällen mehr gesundes Zahnhartgewebe geopfert werden, als das Volumen der eigentlichen Karies. Für den Therapieentscheid zugunsten der Präparation einer Zugangskavität hat der Zahnarzt kaum reproduzierbare Kriterien,

in vielen Fällen wird er eine Läsion antreffen, die möglicherweise noch hätte ohne Füllung remineralisieren können oder eine etablierte Kavität, welche ein viel größeres Volumen hat, als nach der Röntgendiagnostik angenommen.

Bei der eigentlichen mechanischen Kariesentfernung ist das Kriterium des Zahnarztes bis heute die Oberflächenhärte, wobei diese selbst im gesunden Dentin inter- und intraindividuell sehr stark variieren kann und in kariös verändertem Dentin im Sinne einer dreidimensionalen Gradientenstruktur verändert ist. Auch dieses Zielkriterium ist nicht reproduzierbar. In fast allen Fällen bleibt nach klinischer "Kariesentfernung" histologisch Karies zurück und es werden viele "kariöse" Bereiche entfernt, die der Grundstruktur des Dentins bei reduziertem mineralischem Gehalt ähnlich sind und sehr wahrscheinlich hätten remineralisieren können.

Der iatrogen geschaffene Defekt nach Darstellung und Entfernung einer Primärläsion wird üblicherweise aufgrund der notwendigen Entfernung unterminierter, bruchgefährdeter, jedoch gesunder Zahnschmelzarreale im Bereich des Kavitätenrandes weiter extendiert. Darüber hinaus wird weiteres gesundes Dentin- und Schmelzvolumen entfernt, um die Limitationen der herkömmlichen und modernen Füllungsmaterialien oder deren Verarbeitungstechniken auszugleichen, z.B. im Hinblick auf einzuhaltende Mindestschichtstärken, geeignete Kavitätenrandwinkel, Elimination von Sollbruchstellen oder zur Realisation vorgegebener Einschubrichtungen laborgefertigter Restaurationen etc..

Gegen Ende dieses üblichen Vorgehens wurde ein vielfaches des ursprünglichen Läsionsvolumens an gesunder Zahnhartsubstanz geopfert und diese mit Restaurationsmaterialien ersetzt, welche üblicherweise nur eine Haltbarkeit von einigen Jahren, selten einem Jahrzehnt aufweisen. Ausgehend von Randimperfectionen kann es bei solchen Restaurationen nicht selten zu Sekundärkaries kommen, welche oft noch schwieriger zu diagnostizieren ist. Bei

einer neuen Restauration wird aus Retentionsgründen meist noch mehr Volumen an gesunder Restzahnsubstanz geopfert, als bei der Primärversorgung usw., bis kaum mehr gesunde Zahnhartsubstanz übrig ist oder die Zahnpulpa aufgrund der Präparationsmaßnahmen irreversibel geschädigt ist.

Entscheidend für die Diagnostik und ggf. Therapie einer Karies ist die Beurteilung deren Lokalisation und insbesondere Struktur im wesentlichen im Hinblick auf den Grad der Demineralisation der betroffenen Zahnhartgewebe und der eventuellen Zerstörung organischer Gewebsanteile. Von wesentlicher Bedeutung ist die Beurteilung des Zustandes des "natürlichen Zuganges" (zur Zahnoberfläche durchlässig gewordenes Gewebe) zur Kariesläsion nach den o.g. Kriterien. Zielgröße hierbei ist die Penetrationsfähigkeit von wässrigen Flüssigkeiten durch diesen Karieszugang, da hierdurch nach Speichelzutritt bzw. bakterieller Infektion die aktive Läsion unterhalten wird bzw. hierdurch eventuelle Remineralisationsvorgänge stattfinden müssen. Da sowohl die Demineralisations- wie die Remineralisationsvorgänge auf Konzentrationsgefälle-bedingten Diffusionsvorgängen, vorwiegend durch die Kariesstrukturen bzw. die dadurch verursachten Hohlräume beruhen, werden erfindungsgemäß zur Diagnostik die Diffusionsgrößen und die Penetrationsfähigkeit der betroffenen Strukturen erfaßt. Dadurch kann zwischen vorwiegend reversiblen Demineralisationen mit geringem Anteil offener Porosität und weitgehend intakten Grundstrukturen oder irreversiblen Entmineralisationen bzw. Strukturänderungen mit Kavitationen differenziert werden, was einen wesentlichen Einfluß auf eine kausale erfindungsgemäße Therapie hat.

Erfindungsgemäß wird ein zu dem "natürlichen" Karieszugang weiterer, iatrogener Zugang (Arbeitskanal) zum Defekt geschaffen. Dieser kann sich bis zum Zentrum oder bis in zugangsnah oder zugangsferne Randgebiete des Defektes erstrecken. Der Defekt wird also durch den iatrogenen Zugang am Rand tangiert oder bis in zentrumnahe Bereich oder durchgehend

penetriert. Am günstigsten wird der Zugang so gelegt, daß die Strecke durch gesundes Zahnhartgewebe von der Außenseite des Zahnes zum vermuteten Zentrum des Defektes möglichst kurz gehalten wird. Weiterhin hat sich bewährt, den iatrogenen Zugang von den lateralen Zahnflächen ausgehend zu gestalten und nicht von den okklusalen, da diese nicht direkt der Kaubeanspruchung ausgesetzt sind und nicht die Gefahr besteht, daß die Zugangsöffnung schnell durch Speiserückstände verlegt wird oder daß temporäre oder definitive Verschlüsse dieser Zugangsöffnung verschleissen. Im weiteren wird darauf geachtet, daß der Zugang aus ästhetischen Gründen nicht von direkt einsehbaren Zahnflächen ausgehend geschieht. Bewährt haben sich beispielsweise Zugänge ausgehend von der Oralfläche der Zähne, im Seitenzahngebiet alternativ von der Bukkalfläche der Zähne, selten von der Approximalfläche (approximal-zervikal) der Zähne oder falls doch ein okklusaler Zugang erfolgen muß, ausgehend von einer Vertiefung im Fissurengrund des Kauflächenreliefs.

Besonders bewährt haben sich etwa kreisrunde, zylindrische Zugangskavitäten von weniger als 1mm Querschnitt, insbesondere weniger als 0,8mm Querschnitt oder 0,5mm Querschnitt. Es sind jedoch auch andere, beliebig geformte Zugänge grundsätzlich möglich. Diese Zugänge unterscheiden sich von herkömmlichen Zugangskavitäten dadurch, daß sie nicht den gesamten Approximalkontaktbereich kastenförmig eröffnen oder nicht ausgehend von der Okklusalfläche durch die Randleiste erfolgen und vor allem nicht, wie bei herkömmlichen Präparationen oder auch sogenannten Tunnelpräparationen erforderlich, den "natürlichen Karieszugang" in die Präparation mit einbeziehen. Dieser "natürliche Karieszugang" wird also zumindest vor hydrodynamischer Diagnostik und ggf. erfolgreicher Remineralisation nicht mechanisch bearbeitet, sondern bleibt dabei erfindungsgemäß unberührt.

Solche Zugänge (Arbeitskanäle) können mit herkömmlichen rotierenden Diamant- oder Hartmetallinstrumenten gestaltet werden oder mit oszillierenden Diamantinstrumenten oder

oszillierenden Instrumenten unter Zurhilfenahme eines abrasiven Schleifmediums, welches die Instrumente umspült. Es können volle oder etwa hohle röhrenartige Präparationsinstrumente verwendet werden. Röhrenförmige Präparationsinstrumente haben den Vorteil, daß Zahnmaterial im Zentrum des Rohres verbleibt und für diagnostische Beurteilungen außerhalb des Zahnes oder der Mundhöhle zugänglich ist. Beispielsweise kann dieses Material mit substratspezifischen oder bakterienspezifischen Farblösungen angefärbt werden. Insbesondere eignet sich beispielsweise eine 0,5%ige basische Fuchsinlösung in Propylenglycol zur spezifischen Anfärbung kariös veränderten Dentins. Auch kann diese Anfärbung während der Präparation der iatrogenen Zugangskavität Anhaltspunkte für die Positionierung des Endes des Instrumentes bzgl. des Zentrums und der Randgebiete der Kariesläsion ergeben. Es können jedoch auch Bakterienkulturen aus den entnommenen Geweben angelegt werden, welche möglicherweise Anhaltspunkte für das generelle Kariesrisiko des Patienten ergeben oder auch histologische Untersuchungen vorgenommen werden. Mit Hilfe dieser Art der Probenentnahme können auch im Rahmen von Recallbehandlungen im Sinne eines Monitoring stets neue Proben gewonnen und im Vergleich zu den ursprünglichen Daten analysiert werden.

Die Positionierung des Präparationsinstrumentes ergibt sich aus der Winkelstellung von dessen Längsachse zur betroffenen Zahnform und dem vermuteten Mittelpunkt der Läsion. Die Penetrationstiefe in bucco-oraler oder labial-oraler Richtung ergibt sich ebenfalls aus dem vermuteten Mittelpunkt und der vermuteten Ausdehnung der Läsion, wobei zur Orientierung die Lage des Approximalkontaktes, unterhalb dessen die Prädilektionsstelle und der "natürliche" Karieszugang liegen, herangezogen werden. Diese Relation zwischen klinisch sichtbarem Approximalkontakt und "natürlichem" Karieszugang wird auch zur zervikal-okklusalen Abschätzung der Lagebeziehungen zwischen dem zur Präparation der iatrogenen Zugangskavität verwendeten Instrument und der Zahnoberfläche herangezogen. Zur Vereinfachung der bucco-oralen oder labio-oralen Abschätzung der

Penetrationstiefe wird am Handstück, welches das Präparationsinstrument trägt, eine okklusal über die Zahnkrone reichende oder auf Kontakt zur Zahnaußenfläche justierbare, zum Präparationsinstrument etwa längsparallel verstellbare Tiefenlehre angebracht. Die Befestigung der Tiefenlehre am Präparationshandstück erfolgt vorteilhaft durch Aufstecken eines etwa drehbaren, vorzugsweise etwa oval gestalteten Halteringes auf den Kopf des Handstückes. Die Penetrationstiefe kann danach als Differenz der über die Tiefenlehre in Relation zu einem markanten Punkt der Zahnkontur abzulesenden oder in Kontaktbeziehung voreingestellten Wegstrecken nach Aufsetzen des Präparationsinstrumentes an die Zahnaußenfläche und jedem beliebigen Punkt der Penetration erfaßt werden. In kritischen Fällen können auch zur Zahnlongsachse oder zu einer senkrecht zum Zahnbogen verlaufenden, bucco-oralen Ebene exzentrische Röntgenaufnahmen vorzugsweise mit im Defekt justiertem röntgenopakem Präparationsinstrument oder analogen Instrumentenlehren gefertigt werden, was zu Evaluation der Lagebeziehung mit verwendet werden kann. In den meisten Fällen kann die Position des Instrumentes während der Präparation sehr einfach im Durchlicht abgeschätzt werden.

Die Untersuchung des somit gestalteten iatrogenen Zugangs oder über diesen der Läsion kann auf unterschiedlichste Weise erfolgen. Es können die iatrogene Zugangskavität (Arbeitskanal), der "natürliche Karieszugang", eventuelle kariesbedingte Hohlräume oder etwa Restaurationsrandbereiche mit einer in den Zugang einbringbaren licht- und/oder videokanaltragenden Optik inspiziert werden, wobei diese endoskopartige Videooptik sowohl starr wie auch elastisch sein kann. Vorzugsweise eignen sich linsentragende optische Systeme, welche einen möglichst breiten Beurteilungswinkel bezogen auf die Longsachse des eingebrachten Optikanteiles erlauben. Es können aber via Arbeitskanal in den Defekt auch Substrate eingebracht werden, die bestimmte Gewebezustände (z.B. Karies oder destruierte organische Gewebeanteile, insbesondere destruierte Kollagenfasern) oder Bakterien oder Hohlräume oder bestimmte Gewebsstrukturen

selektiv markieren oder für bestimmte Funktionszustände dieser Strukturen, z.B. im Hinblick auf die Diffusionsfähigkeit oder die Bakterienvitalität oder bzgl. Stoffwechselleistungen oder Gewebektivität bzw. -mortalität, spezifische Marker sind. Solche Substrate können beispielsweise Farbstoffe oder Röntgenkontrastmittel oder Ultraschallkontrastmittel oder Infrarot- oder Ultraviolett Kontrastmittel oder lichtwellenlängenspezifische Kontrastmittel oder Fluoreszenzsubstrate oder Kontrastmittel zur Eigenfrequenzanalyse oder Radionukleide etc. sein. Diese können auch identisch mit einem in diese Kavität einzubringenden provisorischen oder definitiven Füllstoff oder einem anderen Therapeutikum oder Diagnostikum sein oder in diesem enthalten sein. Hierdurch können die Nachteile der eingangs beschriebenen Röntgenuntersuchung im Hinblick auf das Absorptionsverhalten kariös veränderten Zahnhartgewebes teilweise oder weitgehend kompensiert werden oder es sind metrische Auswertungen möglich oder es sind Zuordnungen zu Strukturmerkmalen, z.B. Porositäten, möglich, oder es sind je nach Ausgestaltung selektiver, z.B. hydrophiler oder hydrophober Trägersubstanzen für diese Substrate die Differenzierung von Strukturmerkmalen oder Funktionszuständen möglich, oder es können Schichtaufnahmen des Defektes erfolgen, oder es können Aufnahmen in unüblichen, z.B. senkrecht zur Zahnlongsachse angeordneten, okklusa-zervikalen (Quer-)Ebenen erfolgen, oder es können andere diagnostische Verfahren eingesetzt werden. Je nach Füllmenge der standardisierten iatrogenen Zugangskavität und der Läsion können in vielen Fällen auch die Größe oder Struktur des Defektes näher bestimmt werden.

Die obenstehenden Substrate können gleichzeitig mit dem innerhalb des Kavitätenvolumens teilweise sauren Milieu im Sinne einer Säure-Base-Reaktion reagieren, dieses Milieu etwa neutralisieren und dadurch die Voraussetzung für die Progredienz einer Karies zeitweise einschränken und/oder in die Porositäten oder teilweise die Kavitäten oder insbesondere die Diffusionsquerschnitte verlegendes Salz ausbilden.

Weiterhin können etwa gewebespezifische oder strukturspezifische oder oberflächenspezifische oder stoffwechselspezifische oder bakterienspezifische Substrate so ausgewählt werden, daß sie bevorzugt an diesen Geweben, Strukturen, Oberflächen oder Bakterien anhaften oder in diesen akkumuliert werden. Durch geeignete Auswahl dieser Substrate gemäß dem gewünschten Effekt bzw. der gewünschten An- bzw. Einlagerung oder durch chemische Verbindung dieser Substrate mit osmotisch oder chemisch wirksamen Substanzen bzw. selektiv energieabsorbierenden Substanzen können diese Gewebe, Strukturen, Oberflächen oder Bakterien markiert und zum Beispiel durch osmosebedingt akkumuliertes Wasser (Zerplatzen von Bakterien) oder durch chemische Reaktion mit einem via Arbeitskanal eingebrachten Reagenz (z.B. durch spezifisch induzierte Gasbildung innerhalb von Bakterien) oder durch selektive Energieabsorption beispielsweise von energiereicher Strahlung, oder mechanischer (z.B. Ultraschallschwingungen), thermischen etc. Energie vorzugsweise selektiv zerstört werden.

Auch kann die Sensibilität (Reaktion auf thermische Reize) oder die Vitalität der Kronenpulpa (z.B. Laserdopplerinterferometrie) und ggf. bei mehrwurzligen Zähnen der Wurzelpulpa mittels einem oder mehrerer Arbeitskanäle durch die verringerte Zahnhartsubstanzschichtstärke zwischen den internen Oberflächen des Arbeitskanales und dem Pulpenkavum genauer erfaßt werden. Mehrere Arbeitskanäle zu einer vermuteten Läsion sind auch aus jedem anderen Grund als zur Bestimmung der Pulpasensibilität oder Vitalität, zum Beispiel aus Gründen einer einfacheren Diagnostik, günstigeren Remineralisation oder einfacheren Reinfiltration möglich.

Wie obenstehend ausgeführt kann zwischen vorwiegend reversiblen Demineralisationen mit geringem Anteil offener Porosität und weitgehend intakten Grundstrukturen oder irreversiblen Entmineralisationen bzw. Strukturänderungen mit Kavitationen differenziert werden, indem ein etwa röhrenförmiger Tubus in den

iatrogenen Zugang (Arbeitskanal) eingeführt und z.B. durch Einklemmen eines Silikonschlauchabschnitt zwischen die äußere Zahnoberfläche und dem beispielsweise außerhalb des Zugangs divergenten konischen Tubus abgedichtet wird oder der Tubus vorzugsweise über Dichtlippen von außen auf oder über den iatrogenen Zugang aufgesetzt wird. Dieser Tubus ist vorzugsweise ein auswechselbarer Bestandteil eines Handstückes und ist in einem von 0° bzw. 180° verschiedenen Winkel, besonders bewährt ca. 60°, zur Handstücklängsachse geneigt. Es können auch plastisch oder elastisch wenigstens teilweise verformbare Tuben verwendet werden. Über die Zuleitungen im Handstück bzw. die zugehörige Infrastruktur des Gerätes wird nun eine Flüssigkeit, ein Gel oder ein Gas via Zugang in den Defekt eingebracht und in Abhängigkeit von den vorhandenen Strukturen sowie den Strukturen im Bereich des "natürlichen Zuganges" ggf. unter Druck gesetzt, was meßbar ist. Andererseits kann auch ein definiertes geschlossenes Vakuum über den Tubus angebracht werden und der zeitliche Verlauf eines effektiv erzeugten Vakuums gemessen werden. Dieses geschlossene Vakuum wird in seiner Höhe durch die potentielle Gefahr einer Aspiration von Odontoblasten an der Innenseite der Prädentinschicht im Pulpenkavum in die begrenzenden Dentinkanälchen limitiert. Diese maximale Vakuumgrößen variieren stark je nach Zustand und Struktur des Dentins sowie der kaum meßbaren Dentinschichtstärke zwischen Läsion und darunter liegendem Pulpenhohlraum. Es haben sich maximale Druckabsenkungen < 800 mbar, besonders < 300mbar, besonders kleiner 100 mbar bewährt.

Es kommt nur dann zu einem signifikanten Aufbau eines Druck- oder Vakuumgradienten, bzw. die Füllmenge ist nur dann limitiert, wenn der "natürliche" Karieszugang keinen wesentlichen Struktureinbruch aufweist und somit remineralisieren oder nach Reinigung der Zahnoberflächen, ggf. Desinfektion der iatrogenen Zugangskavität bzw. ggf. von Läsionsanteilen und z.B. durch Unterstützung mittels Fluoridapplikation induziert remineralisiert werden kann.

Alternativ dazu kann das Röhrchen, etwa ein Metallröhrchen oder ein Kunststoffröhrchen oder ein Glasröhrchen oder ein Keramikröhrchen oder ein Röhrchen aus einem beliebigen anderen Material, z.B. einer Polymerkeramik oder ein nicht kreisrundes röhrenartiges Gebilde aus diesen Materialien dauerhaft in den iatrogenen Zugang etwa eingeklebt oder einzementiert werden, was die angeschliffenen Zahnflächen versiegelt und die Fügebereiche abdichtet. Weiterhin vereinfacht die definierbare Eingangsgeometrie dieses etwa röhrenartigen, in den Zahn eingeklebten Gebildes, ggf. unter Zurhilfenahme eines etwaigen konfektionierten Dichtringes den dichten Anschluß des Füllröhrchens oder ähnlichem des Handstücks. Wichtig ist, daß in diesem Fall eine lösbare aber dichte Verbindung zwischen dem in den Zahn eingeklebten Gebilde und dem am Handstück befestigten Gebilde hergestellt werden kann (Dichtring, übergestülpter Schlauch, Dichtlippe etc.).

Die eingebrachten Flüssigkeiten sind nicht komprimierbar und sehr einfach bzgl. Hydrophobie (z.B. Silikonöl) oder Hydrophilie (z.B. Wasser) einstellbar bzw. vorauswählbar. Auch können Lösungen, Suspensionen, Emulsionen oder Dispersionen bis hin zu partikelgefüllten (z.B. wässrige feinstdisperse thixotrope Siliziumdioxid- oder Aluminiumoxiddispersionen) oder nichtpartikelgefüllten Gelen hergestellt werden, welche ebenfalls in die Kavität eingebracht werden können. Unter variierenden positiven Druckverhältnissen wird ein ggf. eintretender Überdruckaufbau (0,01 bis ca. 2bar, bevorzugt 0,1 bis 1bar, weiter bevorzugt 100mbar bis 500mbar und ganz besonders bevorzugt 100mbar bis 200mbar) gemessen und/oder eine definierte Durchflußmenge bei o.g. Druckbeaufschlagung gemessen und/oder ein Durchtritt durch den natürlichen kariösen Zugang, ggf. unter Zurhilfenahme der o.g. Markersubstrate, z.B. Farbstoffe etc. registriert. Diese Substrate oder Farbstoffe können gleichzeitig Primerlösungen (zum Beispiel Carboxylgruppen haltige Lösungen, modifizierte Polyacrylsäurelösungen, Lösungsgemische beinhaltend Acrylatmono- oder Polymere oder Lösungsmittel-(z.B. Aceton)haltige Acrylatmonomerlösungen oder

-polymerlösungen etc.), oder Ätzlösungen (z.B. organische oder anorganische Säurelösungen), oder desinfizierende Lösungen (z.B. Chlorhexidinlösungen), oder säureneutralisierende Lösungen sein, welche das Dentin oder den Schmelz gleichzeitig im Sinne einer chemischen Umstrukturierung der Gewebsoberflächen konditionieren.

Praktisch hat es sich bewährt das Füllröhrchen nicht bis auf den Boden des iatrogenen Zugangs aufzusetzen oder seine Öffnung nicht nur frontal oder lateral auszugestalten sondern beide Öffnungen zu kombinieren oder schräge frontale Öffnungen im Hinblick auf die Röhrenlängsachse zu gestalten.

Alternativ zu den Druckgradienten kann auch die Durchflußmenge bei eingepprägtem Druck untersucht werden (Wandern von Luftblasen bei definiertem, röhrenartigen Zugang = bekanntes Volumeninkrement)

Alternativ zu Druckgradienten oder zusammen mit diesen wird ein in der Läsion eventuell aufbaubares Vakuum sowie unter definierten Saugleistungen dessen zeitliches Verhalten beurteilt.

Somit kann erstmals der "natürliche" Karieszugang im Hinblick auf seine Struktur, seine Diffusionsgrößen und somit auf dessen Remineralisationspotential im Sinne der eventuell möglichen Ausheilung einer Karies beurteilt werden.

Vorzugsweise kann durch das Füllröhrchen nicht nur Flüssigkeit aus einem angeschlossenen Voratsbehälter in den iatrogenen Zugang und damit in die Läsion eingebracht werden sondern es kann durch den gleichen Zugang, vorzugsweise durch das gleiche Röhrchen abgesaugt werden in einen anderen Entsorgungsbehälter oder in eine angebrachte zahnärztliche Absaugvorrichtung. Dadurch wird die Inspektion eines Defektes vor dessen diagnostischer Beurteilung mittels Videoanalyse, Druckgradienten etc. erleichtert.

Auch können damit Druck-Saug-Wechselzyklen im Sinne eines Pumpeffektes mit zum Beispiel regel- oder unregelmäßigen Spül- (Druck-) oder Saugzyklen durchgeführt werden, wodurch Debris, ggf. gelöste Hartsubstanzpräzipitate und in ihrer Struktur teilweise oder weitgehend oder vollständig zerstörte organische Gewebe bzw. Gewebsreste oder Bakterien etc. aus dem Defekt eliminiert werden. Durch diese Wechselzyklen können Bakterienzellwände zerstört werden oder ggf. hartsubstanzabtragswirksame Kavitationseffekte erzeugt werden.

Weiterhin werden bevorzugt zur Auflösung demineralisierter Geweberückstände oder destrukturierter organischer Gewebereste geeignete Lösungen oder Lösungsgemische eingesetzt, zum Beispiel wässrige Natriumhypochloridlösungen in Konzentrationen unter 6%, bevorzugt unter 3%, besonders bevorzugt um 1% und/oder wässrige Kalziumchelatabbildner, z.B. EDTA-Lösungen unter 50%, bevorzugt um 20% und/oder N-Monochlor-DL-2-Aminbutyrat haltige Lösungen und/oder aminosäurehaltige Lösungen. Diese oder die oben genannten Wirksubstanzen (Markersubstrate, Farbstoffe, Substanzen zur Schmelz- oder Dentinkonditionierung etc.) können dem Vorratsbehälter beigemischt werden oder es können verschiedene Vorratsbehälter mit Umschaltungen verwendet werden oder es können konzentrierte Lösungen bei definierten Mischverhältnissen zum Beispiel etwa in Patronenform im Handstück oder an anderer Stelle angebracht werden, und mit der zugeführten Flüssigkeit aus dem oder den Vorratsbehältern vermischt werden. Es ist auch möglich den Tubus gleichzeitig als (vorzugsweise Einmal-) Vorratsbehälter für bestimmte Flüssigkeiten auszubilden, wobei das Auspressen dieser Flüssigkeit über den im Handstück aufbaubaren Luftdruck oder Flüssigkeitsdruck indirekt, z.B. über einen Stempel in dem Tubus, erfolgt. Dieses Prinzip eignet sich insbesondere zur Infiltration von z.B. härtenden Füllungsmaterialien im Rahmen der u.g. Reinfiltration, da damit Reinigungsprobleme im Handstück umgangen werden können. Ferner hat sich bewährt durch das gleiche Füllröhrchen des Handstückes auch Gase zu fördern im

wesentlichen Druckluft zahnärztlicher Qualität zum Trocknen der Zugangskavitäten bzw. des Defektes. Dies kann jedoch auch mit einer separaten Quelle und einem separaten Füllröhrchen, welches z.B. auf herkömmliche zahnärztliche Druckluftquellen aufgesetzt wird, erfolgen.

Soweit die hydrodynamische (Druckaufbau, Vakuumaufbau, zeitliche Verläufe von Druck und Vakuum, definierte, weitgehend endliche Füllmengen, fluiddynamische Widerstände) und/oder chemische (hydrophile oder hydrophobe Flüssigkeiten oder Gele oder struktursensitive bzw. strukturspezifische oder gewebsensitive bzw. gewebspezifische Markersubstrate und oder Kontrastmittel etc.) und/oder die optische (Endoskop) Diagnostik die Möglichkeit für eine ggf. durch therapeutische Maßnahmen unterstützte, induzierte Remineralisation ergibt wird wie folgt verfahren:

Über die zunehmende Penetration im Rahmen der Präparation des Arbeitskanales, insbesondere nachdem die Schmelzkappe durchbohrt ist, werden mehrfach hydrodynamische Messungen vorgenommen bis der Defekt tangiert oder penetriert ist. Meist genügen 2 bis 3 Messungen um eine individuelle defektspezifische Eichung vorzunehmen, deren Werte dann auf Signifikanzen untersucht werden können, oder man erkennt dies in den meisten Fällen sehr einfach, da z.B. ab einer bestimmten Penetration in den Defekt, sofern dessen "natürlicher" Zugang strukturell stark verändert ist und keine Diffusionsbarriere mehr darstellt, kein Druckaufbau mehr möglich ist. Solche Werte können auch bei mehreren zu behandelten Läsionen in nicht mehrere Jahre auseinanderliegenden Behandlungssitzungen an einem Patienten zur Beurteilung von anderen Zähnen in diesem Gebiß zum Teil verwendet werden.

Sofern die hydrodynamische Diagnostik mit Flüssigkeitssäulen eine gegenüber dem durch den dichten Verschluß des iatrogen Zugangs des Defektes endliche Füllmenge mit signifikantem Druckanstieg ergibt oder die Füllmenge über einen definierten

Zeitraum von z.B. unter 1 Minute kaum zunimmt, ist die Struktur der Karies sehr wahrscheinlich vorwiegend durch Mineralisationsgradienten mit im Vergleich zu intakten Zahnhartgeweben nicht grundsätzlich veränderten Strukturmerkmalen, insbesondere mit weitgehend intakten organischen Strukturen gekennzeichnet; möglicherweise ist die Schmelzoberfläche nur in Form einer membranartigen, weitgehend geschlossenen Oberflächenschicht versehen und der Defekt damit sehr wahrscheinlich remineralisierbar.

Alternativ zum beschriebenen Handstück können auch etwa manuell bedienbare spritzenartige Instrumente verwendet werden, wobei das ausgepresste Volumen registriert und die Druckdifferenz manuell ertastet wird oder die Wegdifferenz einer bewegten Luftblase in z.B. zylindrischem Querschnitt gemessen wird.

Gegebenenfalls muß zur Untersuchung auf Druckmaxima der "natürliche Defektzugang" oberflächlich gereinigt oder z.B. durch Einbringen eines Holzkeiles von der Approximaloberfläche des Nachbarzahnes separiert werden. In diesem Fall ermöglicht die Verwendung einer Primer- oder Ätzlösung zur Untersuchung der Druckgradienten eine Konditionierung der defektbildenden, demineralisierten Zahnhartgewebe bzw. der begrenzenden intakten Zahnhartgewebe und schafft so einen verbesserten Diffusionsquerschnitt zur Eindiffusion von Speichel und zum Beispiel therapeutischen Wirkstoffen, wie zum Beispiel den üblichen in der Zahnheilkunde verwendeten Fluoridpräparaten. Es können jedoch auch die Qualität der Diffusionsbarriere zum Beispiel durch Verlegung von Porositäten beeinflussende Primerlösungen verwendet werden. Gleichzeitig werden die im Defekt lokalisierten Bakterien und ggf. smear layer Schichten wirksam abgetötet bzw. entfernt. Es bietet sich an die Druckwerte und ggf. Flüssigkeitsfüllmengen und/oder die endoskopischen Bilder und/oder weitere Befunde zu dokumentieren, um im Verlauf der Kontrolle des Erfolges der Remineralisationsbehandlung oder ggf. induzierten Remineralisation während des Monitoring Vergleichsgrößen zu

haben und somit Trends der Re- oder weiterer Demineralisation bevorzugt ohne weiteres Röntgenbild reproduzierbar zu erkennen.

Nach Spülung oder Absaugen sowie ggf. Trocknung der iatrogenen Zugangskavität und ggf. benachbarter Defektvolumina wird in den Defekt vorzugsweise ein Röhrchen aus den o.g. Materialien so eingesetzt, daß das Zentrum der Läsion via Röhrchen mit der Zahnaußenfläche verbunden ist. Dieses Röhrchen versiegelt dabei die bei der Präparation des iatrogenen Zugangs angeschnittenen gesunden Zahnhartsubstanzoberflächen. Es empfiehlt sich vor Einsetzen des Röhrchens die dieses begrenzenden Zahnschmelzoberflächen mittels Säureätzung mikroretentiv umzustrukturieren und die äußeren Röhrchenoberflächen durch Säureätzung oder andersartige Vorbehandlung, z.B. Silikatisierung für einen Verbund, ggf. unter zusätzlicher Verwendung von Haftvermittlern, wie z.B. Silanen, mit einem Fügepolymerkomposit vorzubereiten, mit welchem das Röhrchen adhäsiv in die iatrogene Zugangskavität eingesetzt wird. Eventuelle Überstände des Röhrchens über die äußere Zahnoberfläche werden vorzugsweise entfernt. Selbstverständlich kann jedoch auch auf das definitive oder temporäre Einbringen eines Röhrchens verzichtet werden und die Kommunikation zum Läsionsmittelpunkt durch die iatrogene Zugangskavität erfolgen. Anschließend wird ein Fluoridpräparat beispielsweise mittels einem in das eingebrachte Röhrchen hineinreichenden Tubus in den Defekt und ggf. die Zugangskavität eingebracht. Bevorzugt werden wässrige Fluoridlösungen verwendet, welche unter Druck im o.g. Bereich für eine gewisse Zeit belassen werden. Der Druck wird bevorzugt oberhalb des zur Diagnostik verwendeten Druckmaximums angelegt, um so Fluoride in das Volumen der Läsion via forcierter Diffusion in das in den jeweiligen veränderten Zahnhartgeweben enthaltene oder gebundene Wasser einzuperfundieren. Vor oder mit oder nach dem Einbringen dieser Lösungen können ferner die Adhäsion von Plaque verringernde (z.B. Delmopinol-Lösung, Triclosan-Lösungen, Lösungsgemische etc.) oder die Vitalität bzw. die Stoffwechselleistungen der Plaque beeinträchtigende Lösungen, Gele oder (z.B.

lösungsmittelhaltige) Lacke via Arbeitskanal in das Volumen der Läsion und/oder den "natürlichen Defektzugang" und oder den Arbeitskanal eingetragen werden.

Gleichzeitig wird die Plaque auf der korrespondierenden Zahnoberfläche durch supra- und subgingivale Zahnreinigung entfernt, eventuelle Retentionsnischen für approximale Plaque beseitigt und der Patient bzgl. individueller Mundhygienemaßnahmen instruiert. Letztlich wird der Zugang, falls nicht wie oben ausgeführt bereits ein Röhrchen eingeklebt wurde, nun durch Einkleben eines solchen versiegelt und das Röhrchen oder, falls kein solches eingebracht ist der iatrogene Zugang, mit einem möglichst leicht zu entfernenden aber dennoch möglichst bakteriendichten, plastischen und vorzugsweise erhärtenden oder härtbaren Material(ien), wie z.B. Gips, Kunststoffen, Silikonen, Polymerkomposits, Verbundwerkstoffen etc. oder unter Verwendung von geometrisch definierten etwa stopfenähnlichen Formteilen oder Kombinationen von Formteilen und plastischen Materialien verschlossen. Ein provisorischer Verschluß kann auch mit wirkstoff-, z.B. fluorid- oder chlorhexidinfreisetzenden Verschlußmaterialien im Sinne eines Depots erfolgen.

Sofern Röhrchen eingebracht sind, können diese am Durchtrittsende zur äußeren Zahnoberfläche auch mit einem Verschlußmechanismus, z.B. einem Innengewinde mit passender, selbstabdichtender Schraube oder unter Verwendung zusätzlicher Dichtungen reversibel verschlossen werden.

Unter Umständen empfiehlt sich zusätzlich eine externe konventionelle Fluoridapplikation mit auf den Zahnhartsubstanzen oder auf den Verschluß des iatrogenen Zugangs oder in der Gegend des "natürlichen" Karieszugangs anhaftenden Fluoridlacken.

Dieser Verschluß kann nach einem durch das individuelle Kariesrisiko und die Mundhygiene des Patienten bestimmten Zeitraum von einigen Wochen bis einigen Monaten wieder eröffnet

werden und der Defekt analog der initialen Diagnostik neu evaluiert werden. Die Beurteilung erfolgt nach den gleichen Kriterien wie initial, wobei die Baseline-Daten der Initialbehandlung nun zum Vergleich herangezogen werden können. Ggf. ist die Wirkstoff- z.B. Fluoridbehandlung zu wiederholen. Falls die Möglichkeit zur induzierten Remineralisation jedoch nicht mehr gegeben scheint, so kann der Defekt durch den gleichen Zugang ohne weitere präparative Maßnahmen reinfiltriert werden. Selbstverständlich steht die Behandlung mit konventionellen Füllungsmaßnahmen zu jeder Zeit ohne Nachteile offen. In Zweifelsfällen möglicher Remineralisation oder bereits notwendiger Reinfiltration kann daher in vielen Fällen zunächst die Remineralisation versucht werden.

Je nach individueller Situation ist es zur Optimierung der Remineralisation für gewisse Zeiträume vorteilhaft die Öffnung des iatrogenen Zugangs oder des eingeklebten Röhrchens nicht-temporär zu verschließen, um einen ausreichenden Zutritt von Speichel zu ermöglichen. In diesem Fall ist der Zugang jedoch vorzugsweise täglich, z.B. mit kompatiblen Bürstchen oder durch Spülungen zu reinigen und dem Wachstum vitaler Bakterien durch regelmäßige Anwendung chemischer Wirksubstanzen, z.B. von Chlorhexidin oder der oben genannten Antiadhäsiva etc. vorzubeugen.

Kann trotz Abdichtung des iatrogenen Zugangs kein Druckgradient aufgebaut werden oder fließt die eingebrachte Lösung zum "natürlichen" kariösen Zugang wieder hinaus, so wird der Defekt durch Spülungen oder Saugvorgänge oder Spül-/Saug-Wechselpumpvorgänge, ggf. unter Zuhilfenahme der die Auflösung bzw. den Abtrag unterstützenden Lösungen oder Primerlösungen oder Ätzlösungen aufbereitet. Solche Lösungen oder Gemische verschiedener Lösungen können insbesondere den, ggf. selektiven Abtrag von in ihrer Struktur zerstörten organischen Zahngewebe oder Geweberesten (z.B. Natriumhypochloridlösungen etc.) oder von stark entkalkten Hartsubstanzvolumina (z.B. EDTA-Lösungen, anorganische oder organische Säurelösungen) ermöglichen bzw.

unterstützen. Zur Erzeugung effizienterer Druck-Saug-Wellen kann der "natürliche Defektzugang", z.B. durch Anbringen eines Matrizenbandes, vorübergehend verschlossen oder umgekehrt durch Separation der benachbarten Zähne, z.B. durch Einbringen eines Keiles in den Zahnzwischenraumbereich der "natürliche Defektzugang" von der Nachbarzahnoberfläche abgehoben und dadurch ggf. eröffnet werden. In die betroffenen Zahnzwischenräume eingebrachte Keile, z.B. Holzkeile etc., helfen auch eine Aspiration der Weichgewebe und Blutzutritt beispielsweise aus der interdentalen Zahnfleischpapille bei der Behandlung zu vermeiden. Die Entlüftung der Defektstrukturen beim Eintrag von Wirksubstanzen erfolgt über den "natürlichen Defektzugang". Eine Kontrolle der Defektzustände bzw. von Behandlungsfortschritten ist jederzeit über eine endoskopische Untersuchung oder über den Eintrag spezifischer oder struktursensitiver Markersubstanzen möglich.

Nach hydrodynamisch und/oder chemischer und/oder ggf. unterstützender mechanischer (zum Beispiel unter Verwendung von via Arbeitskanal in den Defekt vorgeschobene, etwa endoskopartige, mikromechanische Instrumente mit geometrisch definierten oder undefinierten Schneiden, z.B. im Defektvolumen durch Flüssigkeitseintrag expandierbare, etwa ballonartige, schneidentragende Instrumente) Aufbereitung des Defektes werden die defektbegrenzenden Oberflächen z.B. durch Ätzlösungen oder Dentinprimerlösungen, wie zum Beispiel saure wässrige Lösungen, umstrukturiert und konditioniert (Priming). Dabei darf eine etwaige angelegte Druckabsenkung (Vakuum) eine kritische Größe von etwa 800mbar nicht überschreiten um etwaige Aspirationen der Odontoblastenschicht, welche innerhalb des Pulpenhohlraumes an die Prädentinzone angrenzt, zu vermeiden.

Weiterhin können den zur hydrodynamischen Aufbereitung verwendeten Lösungen zum Beispiel zur Grobdeposition des Defektes oder zu dessen unterstützender mechanischer Präparation zusätzlich Partikel, wie z.B. Glaspartikel, Kalziumphosphatpartikel, Hydroxylapatit- oder Fluorapatitpartikel, Kalziumfluoridpartikel, Keramikpartikel,

Kunststoffpartikel oder Kompositpartikel mit einer mittleren Korngröße $< 100\mu\text{m}$, bevorzugt $< 50\mu\text{m}$, wesentlich bevorzugt $< 20\mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt $< 10\mu\text{m}$ in die die entsprechenden Oberflächen beaufschlagende bzw. infiltrierende Flüssigkeit im Sinne einer Suspension oder Dispersion beigemischt werden, um durch zusätzlich resultierende mikromechanische Aufbereitungsmaßnahmen oder Erosionseffekte diesen Prozeß zu unterstützen bzw. zu beschleunigen.

Anschließend können die defektbildenden Volumina sowie deren angrenzende Strukturen soweit erforderlich mit Druckluft getrocknet werden.

Falls erforderlich wird die Nachbarzahnoberfläche zum Schutz einer Kontamination durch den "natürlichen Zugang" zum Beispiel durch Einbringen eines Separationsstreifens (z.B. Acetatstreifen) oder etwa einer Matrize in den betroffenen Zahnzwischenraumbereich isoliert. Danach erfolgt eine Reinfiltration der defektbegrenzenden Strukturen (Bridging) sowie der eigentlichen Defektvolumina (Refilling) durch Einbringen geeigneter Füllmaterialien durch den iatrogenen Zugang (Arbeitskanal) bis zum Verschluß des "natürlichen" und des iatrogenen Zugangs. Während der Reinfiltration bzw. dem Refilling werden ggf. in diesen Strukturen enthaltene Restvolumina an Flüssigkeiten sowie Luft vor der Front reinfiltrierte Materialien hergeschoben und durch den "natürlichen Zugang" ausgepreßt, Überschüsse an reinfiltrierte Material können über die betroffenen approximale Zahnkontur sehr leicht entfernt werden.

Besonders die Interpenetration von hydrophobem Füllmaterial erlaubt bei gerichtetem Fluß, daß dieses Material die Flüssigkeit vor sich herschiebt und wässrige Flüssigkeiten oder ggf. Überschüsse an niederviskösere Infiltrationsmaterialien, soweit diese die zu reinfiltrierenden Oberflächen nicht unmittelbar benetzen, über natürlichen Karieszugang ausgepresst werden. Als Reinfiltrations- oder Füllmaterialien eignen sich

alle durch solche Zugangskavitäten einbringbare plastische und erhärtende oder härtbare Materialien, insbesondere thixotrope Materialien, vorzugsweise Kunststoffe, Monomere, Polymere oder partikelgefüllte Polymerkomposits, wie zum Beispiel Acrylatkunststoffe oder siliziumorganische Materialien oder Kompomere oder Zemente, wie z.B. Glasionomerzemente etc.. Unter Umständen werden verschiedene Materialarten ggf. unterschiedlicher hydrophiler bzw. hydrophober Eigenschaften, unterschiedlicher Viskosität und unterschiedlichen Füllgrads vorzugsweise nacheinander eingetragen. Auch sind Kombinationen von Reinfiltrationsmaterialien oder Füllungsmaterialien mit Primersubstanzen und/oder den obenstehenden Wirksubstanzen, wie zum Beispiel Chlorhexidin oder Fluoride etc. möglich. Nicht zuletzt eignen sich zur Reinfiltration auch in Lösungsmitteln, z.B. Aceton, gelöste Harze, insbesondere Polymerharze oder teilgefüllte Polymerharze.

Die ehemals das Kariesvolumen bildende Struktur bzw. diese Strukturen müssen dabei in herkömmlichem mechanischen Sinne nicht unbedingt vollständig entfernt werden, sondern bilden eine Art Schwammstruktur, welche im Sinne einer Leitstruktur für die einzubringenden Materialien reinfiltrierte wird, und bleiben als Gerüst der Versorgung somit erhalten. Gleichzeitig resultiert diese Grenzflächendurchdringung in für mechanische Belastungen günstigen Gradientenstrukturen und ist das morphologische Substrat hoher Grenzflächenhaftwerte.

Im Bereich der "natürlichen" und der iatrogenen Zugangskavität wird mindestens die hohe Qualität einer adhäsiv verankerten Kompositfüllung erzielt, wobei sich die kleinen Volumina an reinfiltriertem Material günstig auf die im Zuge des Phasenwechsels der Füllmaterialien häufig induzierten, materialinhärenten Residualspannungen auswirken und somit qualitätserhöhend wirksam sind.

Sofern in den reinfiltrierte oder wieder aufgefüllten ursprünglichen Defektvolumina noch ggf. vitale Bakterien

enthalten sind, werden diese bei dem gerichteten Einfluß entweder über den "natürlichen Zugang" eliminiert oder als Bestandteil in die Grenzflächenstrukturen bzw. die Füllung integriert, wonach sie aufgrund der Isolation von Substrat keine Überlebenschance haben und auch keine degradativen Stoffwechselleistungen vollbringen können.

Ein gerichteter Fluß des Materials während der Reinfiltration bzw. dem Refilling kann durch Aufbringen einer zusätzlichen Vakuumsaugglocke auf den betroffenen Approximalbereich, welche zum Beispiel mittels Dichtlippen teilweise oder vollständig zu diesem Raum hin abgedichtet wird, zusätzlich verbessert werden.

Nach vollständiger Reinfiltration der defektbegrenzenden Oberflächen bzw. nach Auffüllen des ursprünglichen Defektes und des "natürlichen" Zugangs sowie der Entfernung von etwaigen Überschüssen aus dem Approximalbereich, werden diese Oberflächen geglättet und ggf. unter zusätzlichem Auftrag sauerstoffinhibierender Substanzen auf die externen Füllungsoberflächen im Bereich des ursprünglichen "natürlichen Karieszugangs" sowie unter langsamem Rückzug und gleichzeitiger Füllung des iatrogenen Zugangs zum Beispiel lichtkatalytisch ausgehärtet. Selbstverständlich sind auch etwa autokatalytische, dual katalytische Duroplasten oder etwa thermoplastisch verarbeitbare Polymermatrizes verwendbar.

Bei größeren Füllvolumina kann das Auffüllen des Defektes auch schichtweise vom ursprünglichen "kariösen" Zugang beginnend bis zum letztendlichen Verschluß des iatrogenen Zugangs erfolgen, wobei die initialen Volumina an reinfiltrierte, bzw. eingefüllte Material, soweit wenigstens teilweise lichtkatalytisch polymerisierbare Polymersysteme verwendet sind, zusätzlich oder ausschließlich mit via iatrogenem Zugang in den Defekt eingebrachten Lichtsonden und/oder transdental polymerisiert werden. Nacharbeiten sind in den meisten Fällen nicht erforderlich.

Bei pulpennahen Defekten können über die mögliche Druckbeaufschlagung auch für die Pulpa wirksame Substanzen eininfiltriert werden, wie zum Beispiel Bone Morphogenetic Proteins (BMP) oder wässrige Kalziumhydroxidlösungen zur Induktion einer Hartgewebsbildung oder Kalium- oder Strontiumlösungen zum Beispiel zur Herabsetzung der Sensibilität des Zahnes.

Wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Fülltechniken bestehen in einer weitgehen schmerzfreien Präparation, einer erheblichen Schonung gesunder Zahnhartgewebe, einer wesentlichen Vereinfachung der üblichen Arbeitsschritte der Adhäsivtechnik zum Beispiel durch möglichen Verzicht auf Kofferdam, einer höheren Qualität des adhäsiven bakteriendichten Verschlusses, einer möglichen therapeutisch nutzbaren, durch Druckgradienten kontrollierbaren Infiltration von Wirkstoffen, z.B. entgegen dem nach peripher verlaufenden Flüssigkeitsausstrom aus den Dentinkanälchen.

Passend zu den initial zur Präparation des iatrogenen Zugangs verwendeten Präparationsinstrumenten können diese gleichzeitig entweder als in den Defekt temporär oder definitiv einzubringende röhrenartige Tuben oder volumenvolle Präzisionspaßkörper verwendet werden, oder es können solche Röhren oder Paßkörper formgleich aus geeigneten Materialien, wie z.B. Metallen, Keramiken, Kunststoffen oder Verbundwerkstoffen z.B. in einem Set bereitgestellt und zum Verschluß der Zugangskavität unter Verwendung des reinfiltrierten aufgefüllten Materials im Sinne von Fügematerialien herangezogen werden.

Derartige hydrodynamische oder chemische Diagnoseverfahren und Instrumente können auch z.B. über im Sinne von saugglockenartigen Instrumenten mit zirkulären Dichtlippen, vorzugsweise in verschiedenen Größenabstufungen zur Diagnostik von sensiblen Zahnoberflächen im Zahnhalsbereich und zur Differenzierung besonders kritischer Oberflächenareale an einem

Zahnhalbsbereich verwendet werden. Im gleichen Zuge mit der Diagnostik können anschließend sehr einfach und vergleichsweise sehr wirksam kontrollierte Druckinfiltrationen von die Sensibilität herabsetzenden Substraten, wie z.B. wässrigen Kalium- oder Strontiumlösungen vorgenommen werden.

Auch können durch Zugabe von Partikeln, wie z.B. Glaspartikeln, Kalziumphosphatpartikeln, Hydroxylapatit- oder Fluorapatitpartikeln, Kalziumfluoridpartikeln, Keramikpartikeln, Kunststoffpartikeln oder Kompositpartikeln mit einer mittleren Korngröße $< 50\mu\text{m}$, bevorzugt $< 20\mu\text{m}$, wesentlich bevorzugt $< 10\mu\text{m}$ und ganz besonders bevorzugt $< 2\mu\text{m}$ in die die entsprechenden Oberflächen beaufschlagende bzw. infiltrierende Flüssigkeit - im Sinne einer Suspension oder Dispersion - die oberflächlichen, teilweise eröffneten Dentinkanälchen wenigstens teilweise im Sinne einer Verminderung des Diffusionsquerschnittes mechanisch verlegt werden.

Weiterhin können den Lösungen in dieser Anwendung andere z.B. die Plaquevitalität oder das Plaqueadsorptionsverhalten beeinträchtigende oder die Remineralisation fördernde Wirksubstanzen, wie zum Beispiel Chlorhexidin oder Fluoride etc., beigemischt werden (siehe obenstehend detailliert aufgelistete Wirksubstanzen).

Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen im Zusammenhang mit der Versiegelung von Rißbildungen in Zähnen oder Zahnersatz. Dazu werden die Rißflankenoberflächen vorzugsweise hydrodynamisch konditioniert und die Risse anschließend wenigstens teilweise im Sinne einer "hydrodynamischen" adhäsiven Versiegelung reinfiltrierte.

Die beschriebene Vorrichtung bzw. die geschilderten Verfahren funktionieren in gleichem Sinne auch bei bestehendem Zahnersatz. Soweit dieser aus Metall gefertigt ist, ist eine röntgenologische Untersuchung auf eventuelle Sekundärkaries aufgrund der Absorption von Röntgenstrahlen in der Restauration

nicht möglich. Zur Beurteilung der Qualität der Restauration bzw. der an diese angrenzenden Zahnoberflächen, insbesondere im Randbereich derselben wird an der fraglichen Stelle ein röhrenartiger iatrogenener Zugang zur Penetration der Restauration präpariert. Anschließend erfolgt eine hydrodynamische oder chemische Diagnostik und/oder eine Therapie zum Beispiel im Sinne einer hydrodynamischen oder chemischen oder mikromechanischen Aufbereitung der Defekte mit anschließender Reinfiltration und temporärem oder definitivem Verschuß des iatrogenen Zugangs. Die Möglichkeit zu einem konventionellen Ersatz der Restauration im Rahmen einer herkömmlichen Neuanfertigung der Restauration bleibt unbenommen.

Beschreibung eines Behandlungsablaufes:

Üblicherweise ergibt sich ein Verdacht auf Approximalläsionen während einer zahnärztlichen Routineuntersuchung, selten klinisch, in der Regel nach röntgenologischer Untersuchung. Soweit die Läsion bereits so groß ist, daß okklusale Zahnflächen eingebrochen sind oder ein anderer großflächiger okklusaler Zugang, z.B. im Rahmen einer insuffizienten Primärfüllung besteht, ist die Diagnosefindung meist unproblematisch und es erfolgt eine konventionelle Füllungstherapie.

In den übrigen Fällen gibt das Röntgenbild unter Umständen Information darüber ob oder wie weit die Zahnbeinvolumina von der Läsion betroffen sind. Es obliegt dem Zahnarzt nach einer Vielzahl an beurteilbaren Kriterien betreffend den Patienten, seine Gebißsituation, sein Kariesrisiko, seine Mundhygiene, seine Compliance etc. zu entscheiden, ob für eine gewisse Zeit eine Kontrolle des Defektes nach herkömmlichen Methoden und im Zusammenhang mit konventioneller Prophylaxe erfolgen soll oder ob, wie es aufgrund der eingangs beschriebenen Limitationen konventioneller Diagnoseverfahren in der Mehrzahl der Fälle notwendig sein wird, eine weiterführende erfindungsgemäße Diagnostik und ggf. Therapie erforderlich ist.

Erfindungsgemäß wird gem. der oben beschriebenen Orientierung eine röhrenartige Zugangskavität so präpariert, daß ein möglichst kurzer zahnhartsubstanzschonender, gut erreichbarer, ästhetisch nicht störender und einfach sowie sicher bakteriendicht wieder verschließbarer, vorzugsweise nicht in einer Zone hoher okklusaler Kaubelastung lokalisierter iatrogener Zugang zum Defekt geschaffen.

Es erfolgt danach eine kurze Durchspülung, Absaugung oder Saug-Druck-Spülung sowie ggf. eine Trocknung des Defektes sowie des iatrogenen Zugangs und eine eventuelle endoskopische Inspektion. Danach wird das Handstück mit einem Tubus versehen, dieser in den iatrogenen Zugang eingeführt und abgedichtet, um mittels hydrodynamischer und/oder chemischer Diagnostik (Markersubstrate) die Struktur der Läsion sowie die Diffusionsgrößen und/oder die Permeabilität des "natürlichen" Karieszuganges" zu beurteilen.

Bei reversiblen Veränderungen der läsionsbildenden Strukturen sowie geringer Permeabilität des "natürlichen Zugangs" empfiehlt sich das adhäsive Einbringen eines Zugangsröhrchens in den iatrogenen Zugang, welcher so bedingt offenbar dicht verschlossen werden kann. Somit sind alle präparativ angeschnittenen Zahnflächen dauerhaft versiegelt und der Defekt hat einen therapeutisch nutzbaren bleibenden Zugang.

Die diagnostisch erhobenen Daten werden als spätere Kontrollgrößen dokumentiert. Danach wird ein wässriges Fluoridpräparat via iatrogenem Zugang in die Läsion einperfundiert und der dafür erforderliche Druck ggf. eine Zeit lang gehalten, oder es werden langsam wasserlösliche Depotfluoridsubstrate eingebracht und der Zugang danach bakteriendicht verschlossen.

Anschließend erfolgen konventionelle Prophylaxemaßnahmen und nach einer gewissen Zeit eine Reevaluation der Läsion nach gleichem Vorgehen unter Verwendung des iatrogenen Zugangs, wobei

die im Rahmen der ursprünglichen Diagnostik erhobenen Daten als Vergleichsgrößen zur Abschätzung eines Behandlungserfolges verwendet werden. Gegebenfalls wird die Behandlung wiederholt.

Soweit irreversible Strukturschädigungen im Bereich der Läsion oder hohe Permeabilität bzw. uneingeschränkte Diffusion durch den "natürlichen Karieszugang" initial diagnostiziert werden oder sich im Laufe von Kontrolluntersuchungen nach induzierter Remineralisation ergeben, wird der Defekt hydrodynamisch und/oder chemisch und/oder mikromechanisch und/oder mechanisch unterstützt aufbereitet und die defektbegrenzenden Oberflächen nachträglich im Sinne eines Priming konditioniert. Eine regelmäßig mögliche endoskopische Kontrolle erleichtert die Kontrolle dieser Aufbereitungsmaßnahmen.

Anschließend werden die defektbegrenzenden Strukturen sowie der Defekt selbst ggf. mehrstufig reinfiltriert (Bridging) bzw. aufgefüllt (Refilling). Es folgen konventionelle Prophylaxemaßnahmen sowie herkömmliche Nachuntersuchungen. Selbstverständlich können, falls jemals erforderlich, ohne jeden durch die erfindungsgemäßen Behandlungen verursachten zusätzlichen Schaden zu jeder Zeit konventionelle Zahnfüllungen in die betroffenen Zahnoberflächen eingebracht werden.

Patentansprüche

=====

05

1. Gerät zur Bestimmung der Remineralisierungsfähigkeit
 von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe,
gekennzeichnet durch eine Meßeinrichtung (46, 60, 86,
88; 104, 114, 116, 86, 88; 130-140, 88; 144-148, 88;
10 150-154, 88; 156, 86, 88; 158-174), zum lokalen Messen
mindestens einer der nachstehenden physikalischen, che-
mischen oder biologischen Gewebeeigenschaften: Porosität,
Härte, Lichtabsorbtion und Lichtreflexion, Schallabsorb-
tion und Schallreflexion, Zellstruktur, elektrische
15 Leitfähigkeit, chemische Veränderungen im Gewebegerüst,
chemische Veränderungen von im Gewebegerüst enthaltener
Flüssigkeit, Befall mit Bakterien.
2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
20 daß die Meßeinrichtung einen Meßkopf (40) mit einem
stabförmigen, vorzugsweise zylindrischen Sondenabschnitt
(42) aufweist, welcher ein auf die physikalischen, chemi-
schen oder biologischen Eigenschaften ansprechendes
Meßelement (46, 60; 104, 116; 130, 134, 138; 144, 148;
25 150-154; 156; 158-170) umfaßt.
3. Gerät nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen
 Stellungsgeber (48-52) für die Axialstellung des
Sondenabschnittes (42) bezüglich einer Begrenzungs-
30 fläche des Gewebes.
4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
 daß der Sondenstellungsgeber (48-52) ein mit der
Gewebeoberfläche zusammenarbeitendes Eingangsteil (48)
35 aufweist, welches axial verschiebbar auf dem Sondenab-

schnitt (42) angeordnet ist und über eine Feder (50) an einen feststehenden Geräteabschnitt abgestützt ist, welcher ein Kraft- oder Verformungssensor (52) zugeordnet ist.

05 5. Gerät nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Auswerteeinheit (88), welche mit dem Ausgangssignal des Sondenstellungsgebers (48-52) und dem Ausgangssignal des Meßelementes beaufschlagt ist und die Ausgangssignale des letzteren, die für unterschiedliche Stellung des
10 Sondenabschnittes (42) erhalten werden, miteinander vergleicht, wozu die jeweils für die verschiedenen Sondenstellungen erhaltenen Meßsignale in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Sondenstellungsgebers (48-52) abgespeichert werden.

15

6. Gerät nach einem der Ansprüche 2-5, wobei das Meßelement eine bezogen auf die Achse des Sondenabschnittes (42) radiale Meßachse aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenabschnitt (42) drehbar (118-
20 122) auf dem Meßkopf (40) angeordnet ist.

7. Gerät nach einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) an einem Griffteil (36) angebracht ist, wobei er vorzugsweise um dessen
25 Längsachse drehbar ist.

8. Gerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsachse des Griffteiles (36) und die Achse des Meßkopfes (40) gegeneinander geneigt sind
30 und vorzugsweise einen Winkel zwischen etwa 30° und etwa 90° , nochmals vorzugsweise von etwa 60° einschließen.

9. Gerät nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Griffteil (36) über eine Drehkupplung
35 (99) mit einem Versorgungskabel (101) verbunden ist.

10. Gerät nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung ein auf das Gewebe einwirkendes erstes Sensorteil (104; 130, 138; 144; 150-54; 158, 160) und ein die Antwort des Gewebes auf den Reiz ermittelndes zweites Sensorteil (116; 130, 134; 148; 150-154; 164-170) aufweist und daß Mittel zur Einstellung der Stärke der vom ersten Sensorteil erzeugten Einwirkung vorgesehen sind.
11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellmittel eine vom Griffteil (36) getragene Eingabeeinrichtung (94) umfassen.
12. Gerät nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellmittel eine Programmsteuerung (88) umfassen.
13. Gerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Programmsteuerung so arbeitet, daß das einwirkende Sensorteil (104; 130, 138; 144; 150-54; 158, 160) so erregt wird, daß am registrierenden Sensorteil (116; 130, 134; 148; 150-154; 164-170) ein vorgegebenes Ausgangssignal erhalten wird.
14. Gerät nach einem der Ansprüche 2-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) ein Dichtelement (54) aufweist, welches mit einem Abschnitt der Geweboberfläche zusammenarbeitet und daß der Meßkopf (40) mit einer unter von Normaldruck verschiedenem Druck stehenden Fluidquelle (76; 80) in Verbindung steht und die Meßeinrichtung die Fluid-Leckage durch das zu untersuchende Gewebe mißt.
15. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,

daß das Fluid ein Gas ist und daß der Meßkopf (40) über ein Schaltventil (62), welches eine Schließstellung aufweist, mit der Fluidquelle (76; 80) verbindbar ist und an den Meßraum, welcher durch den Meßkopf (40) und
05 das Gewebe begrenzt wird, ein Druckmesser (60) ange-
schlossen ist.

16. Gerät nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,
daß der Meßkopf (40) einen mit dem Meßraum verbun-
10 denen Druckspeicher (58) aufweist.

17. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,
daß das Diagnosefluid eine Flüssigkeit ist und
daß in der von der Fluidquelle (76) zum Meßkopf (40)
15 führenden Versorgungsleitung ein Strommesser (66) ange-
ordnet ist.

18. Gerät nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,
daß der Durchflußmesser (66) ein Kapillarrohr und
20 Mittel zum Einspeisen von Gasblasen in das stromabseiti-
ge Ende des Kapillarrohres aufweist.

19. Gerät nach einem der Ansprüche 14-18 in Verbindung
mit Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das
25 Dichtelement (54) von der freien Stirnfläche des Ein-
gangsteiles (48) des Sondenstellungsgebers (48-52) getragen
ist.

20. Gerät nach einem der Ansprüche 14-18 in Verbindung
30 mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der
Sondenabschnitt (42) ein am Ende geschlossenes (44)
zylindrisches Rohr ist, welches in seiner Umfangswand
mindestens eine Fluid-Durchtrittsöffnung aufweist.

35 21. Gerät nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Sondenabschnitt (42) an seinem vom freien Ende abgelegenen Ende eine sich in radialer Richtung erweiternde, vorzugsweise kegelförmige Schulter (274) aufweist und daß ein Dichtschlauch (276) auf der Außen-
05 seite des Sondenabschnittes (42) angeordnet ist und mit seinem vom freien Ende des Sondenabschnittes (42) abgelegenen Ende auf die Dichtschulter (274) unter Auf-
weitung aufschiebbar ist.
- 10 22. Gerät nach einem der Ansprüche 14-21, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) über ein Umschaltventil (72) alternierend mit einer Überdruck-Fluidquelle (76) und einer Unterdruck-Fluidquelle (80) verbindbar ist.
- 15 23. Gerät nach Anspruch 22 in Verbindung mit Anspruch 17, gekennzeichnet durch Mittel (102) zum Auffangen des aus dem Meßkopf (40) abgesaugten Flüssigkeitsvolumens.
- 20 24. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine ausfahrbare Meßspitze (104) aufweist.
- 25 25. Gerät nach Anspruch 24 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspitze (104) von einem Hebel (108) getragen ist, der durch einen in Längsrichtung des Sondenabschnittes (42) verlaufenden Betätigungsstab (112) so verschwenkbar ist, daß die Meßspitze (104) mit radialer Bewegungskomponente durch
30 ein Fenster (106) des Sondenabschnittes (42) bewegt wird.
- 35 26. Gerät nach Anspruch 24 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspitze von einem biegbaren Übertragungselement (124) getragen ist,

welches in einer Führung (126) des Sondengehäuses (128) so geführt ist, daß das Übertragungselement (124) mit radialer Richtungskomponente aus dem Sondengehäuse (128) austritt.

05

27. Gerät nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsstab (112) durch einen Stellmotor (114) bewegt wird, dessen Abtriebskraft einstellbar (74) ist.

10

28. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine Lichtquelle (138), eine Optik (130, 132) und einen Bildwandler (134) umfaßt.

15

29. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine Meßlichtquelle (160), gegebenenfalls eine Optik und mindestens ein Farbfilter (168) sowie einen Lichtdetektor (170) umfaßt.

20

30. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Schwinger (144), einen auf den Schwinger arbeitenden Generator (146) und Mittel (148) zum Messen der Bedämpfung des
25 Schwingers aufweist.

31. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Schwinger (144), einen auf den Schwinger (144) arbeitenden inter-
30 mittierend betriebenen Generator (146) und einen Empfänger (144) für vom Gewebe reflektierte Schwingungen sowie Mittel (88) zum Auswerten der Intensität der reflektierten Schwingungen aufweist.

35 32. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Meßeinrichtung beabstandete Elektroden (150, 152) aufweist, welche mit einer Widerstandsmeßeinheit (154) verbunden sind oder Teil eines Schwingkreises darstellen, welcher mit einer Frequenzmeßeinheit
05 verbunden ist.

33. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung ein mikroporöses Teströhrchen (156) oder einen Hohlbohrer aufweist, dessen
10 Innenraum mit einer Unterdruckquelle (80) verbindbar ist.

34. Gerät zur Unterstützung der Remineralisierung von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, gekennzeichnet durch einen Arbeitskopf (40), welcher mit der
15 Gewebeoberfläche zusammenarbeitende Dichtmittel (54) aufweist und mit mindestens einer Quelle (76; 176) für Behandlungsmedium in Verbindung steht.

35. Gerät nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet,
20 daß der Arbeitskopf (40) über ein Umschaltventil (72) intermittierend mit einer Quelle (76) für Behandlungsmedium und einer Absaugeinrichtung (80) verbindbar ist.

25 36. Gerät nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitskopf (40) einen hohlen stabförmigen vorzugsweise zylindrischen Abgabeabschnitt (42) aufweist, der mit mindestens einer Durchtrittsöffnung für Behandlungsmedium versehen ist.

30 37. Gerät nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgabeabschnitt (42) an seinem freien Ende verschlossen ist und die Durchtrittsöffnungen für das Behandlungsmedium in der Umfangswand des Abgabeabschnittes (46) ausgebildet sind.
35

38. Gerät nach einem der Ansprüche 34-37, gekennzeichnet
net durch einen Stellungsgeber (48-52) für die
Axialstellung des Abgabeabschnittes (42) bezüglich der
05 Gewebeoberfläche.

39. Gerät nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet,
daß der Axialstellungsgeber (48-52) ein mit der
Gewebeoberfläche zusammenarbeitendes Eingangsteil (48)
10 aufweist, welches axial verschiebbar auf der Außenfläche
des Abgabeabschnittes (42) angeordnet ist und über eine
Feder (50) an einem Gehäuse des Arbeitskopfes (40) ab-
gestützt ist, wobei dieser Feder ein Kraft- oder Ver-
formungssensor (52) zugeordnet ist.

15

40. Gerät nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet,
daß das Eingangsteil (48) des Stellungsgebers (48-
52) das Dichtmittel (54) trägt.

20 41. Gerät nach einem der Ansprüche 34-40, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der Arbeitskopf (40) an einem
Griffteil (36) angebracht ist, vorzugsweise in um dessen
Längsachse drehbarer Weise.

25 42. Gerät nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet,
daß die Längsachsen vom Griffteil (36) und Arbeits-
kopf (40) gegeneinander geneigt sind und vorzugsweise
einen Winkel von etwa 30° bis etwa 90° , nochmals vor-
zugsweise von etwa 60° miteinander einschließen.

30

43. Gerät nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet,
daß das Griffteil (36) über eine Drehkupplung mit
einem Versorgungskabel verbunden ist.

35 44. Gerät nach einem der Ansprüche 34-43, dadurch ge-

kennzeichnet, daß mindestens eine (176) der Quellen (76, 176) für Behandlungsmedium einen in den Arbeitskopf (40) oder in das diesen tragende Griffteil (36) eingesetzten Vorratsbehälter (176) aufweist.

05

45. Gerät nach einem der Ansprüche 34-44, gekennzeichnet durch ein Saugteil (200), welches vom Arbeitskopf beabstandet auf die Oberfläche des zu behandelnden Gewebes aufsetzbar ist und mit einer Saugeinrichtung (80) verbindbar ist.

10

46. Gerät zur Erzeugung eines Arbeitskanales in Hartgewebe, insbesondere Zahngewebe, in welchen ein Sondenabschnitt (42) einer Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 2-33 oder ein Abgabeabschnitt eines Behandlungsgerätes nach einem der Ansprüche 34-45 einführbar ist, gekennzeichnet durch ein Bohrwerkzeug (30), dessen Außendurchmesser dem Außendurchmesser von Sondenabschnitt (42) bzw. Abgabeabschnitt (42) entspricht und durch einen auf dieses Bohrwerkzeug (30) arbeitenden Bohrerantrieb (218).

15

20

47. Gerät nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der Bohrerantrieb einen einstellbaren Tiefenanschlag (220) aufweist.

25

48. Gerät nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Bohrwerkzeuges (30) zwischen etwa 0,2 und etwa 1,0 mm beträgt, vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und etwa 0,8 mm.

30

49. Gerät nach einem der Ansprüche 46-48, dadurch gekennzeichnet, daß das Bohrwerkzeug (30) hohl ist.

50. Gerät nach einem der Ansprüche 46-49, dadurch ge-

35

kennzeichnet, daß das Bohrwerkzeug (286) ein Ultraschallbohrwerkzeug ist und durch einen Ultraschallgenerator (282) in Richtung der Bohrwerkzeugsachse in Schwingungen versetzt wird.

05

51. Gerät nach Anspruch 50, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (288) zum Zuführen eines abrasiven Fluids zur Arbeitsfläche des Ultraschallbohrwerkzeuges (286).

10 52. Gerät nach einem der Ansprüche 46-51, gekennzeichnet durch ein Exkavationswerkzeug (246), welches mindestens eine in radialer Richtung einstellbare Schneidkante (254) aufweist.

15 53. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß die radial verstellbare Schneidkante (254) von einem rinnenförmigen Schneidwerkzeug (250) getragen ist, welches verschwenkbar von einem Werkzeugschaft (2468) getragen ist, dessen Außendurchmesser dem Außendurchmesser
20 des Sondenabschnittes (42) im wesentlichen entspricht.

54. Gerät nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius des rinnenförmigen Schneidwerkzeuges (250) dem Radius des Werkzeugschaftes (248)
25 entspricht.

55. Gerät nach Anspruch 53 oder 54, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugschaft (248) eine Mehrzahl, vorzugsweise zwei in Umfangsrichtung verteilter angelenkter
30 Schneidwerkzeuge trägt.

56. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidkante von einem ausgeschnittenen Wandabschnitt (260; 296, 298) eines zylindrischen Werkzeugschaftes (248; 292) gebildet ist, der durch Reibschluß
35

oder durch strukturelle Mittel (260-264) radial nach außen bewegbar ist.

57. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet,
05 daß die radial verstellbaren Schneidkanten auf einem aufblasbaren Tragkörper (268) angeordnet ist, der strömungsmitteldicht vom Ende eines rohrförmigen Werkzeugschaftes (248) getragen ist.

10 58. Gerät nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß der aufblasbare Tragkörper (268) mit einer eine Mehrzahl von Schneidkanten bildenden Frässhicht (272) umgeben ist, die z.B. durch eine Vielzahl von Hartkornpartikeln oder Diamantkörnern gebildet ist oder durch ein
15 Gelege von scharfkantigen Metallspänen oder ein Metallgitter gebildet ist.

59. Diagnosemedium zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 1-33, dadurch gekennzeichnet,
20 daß es eine auf kariöses Gewebe selektiv ansprechende Markiersubstanz enthält, die im Hinblick auf die gemessene Gewebeeigenschaft ausgewählt ist.

60. Diagnosemedium nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet,
25 daß die Markiersubstanz ein Färbemittel wie Fuchsin, eine Röntgenkontrastmittel, ein Radionuklid oder einen Elektrolyten umfaßt.

61. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät
30 nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Antiseptikum wie Chlorhexidin enthält.

62. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät
nach einem der Ansprüche 33-45, dadurch gekennzeichnet,
35 zeichnet, daß es ein Ätzmittel wie EDTA enthält.

63. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Primer, enthält.
- 05
64. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es eine organische Gewebereste auflösende Substanz enthält.
- 10
65. Behandlungsmedium nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß es die organische Gewebereste auflösende Substanz in einer Menge von weniger als 6 Gewichtsprozent, vorzugsweise zwischen etwa 1 und etwa 3 Gewichtsprozent
- 15 enthält.
66. Behandlungsmedium zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es eine flüssige härtbare oder eine vorübergehend
- 20 in flüssigen Zustand bringbare Substanz enthält.
67. Behandlungsmedium zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es inerte Partikel aufweist.
- 25
68. Behandlungsmedium nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel Glaspartikel, Kalziumphosphatpartikel, Keramikpartikel, insbesondere Al_2O_3 -Partikel, Hydroxylapatitpartikel, Fluorapatitpartikel,
- 30 Kalziumfluoridpartikel, Kunststoffpartikel, Kompositpartikel oder Mischungen der vorgenannten Partikel umfassen.
69. Behandlungsmedium nach Anspruch 68, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Korngröße der Partikel
- 35 weniger als 50 μm , vorzugsweise weniger als 20 μm , noch-

mals vorzugsweise unter 10 μm bzw. 5 μm und besonders bevorzugt zwischen etwa 0,5 und etwa 2 μm beträgt.

70. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät
05 nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet,
net, daß es pulpawirksame Komponenten umfaßt.

71. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät
nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet,
10 net, daß es eine die Remineralisierung unterstützende,
insbesondere fluoridabgebende Komponente umfaßt.

72. Behandlungsmedium zur Verwendung mit einem Gerät
nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet,
15 net, daß es mehrere der in den Ansprüchen 59-71 genannten
Komponenten umfaßt.

73. Diagnose- oder Behandlungsmedium nach einem der
Ansprüche 59-72, dadurch gekennzeichnet, daß es in
20 einem verformbaren Behälter (176) enthalten ist, welcher
einen Steckverbinderteil (178) mit offenkundiger Versiegelung
aufweist.

74. Behandlungskörper zur Verwendung in einem Arbeits-
25 kanal (32), der mit einem Gerät nach einem der
Ansprüche 46-58 erzeugt wurde, dadurch gekennzeichnet,
daß ein Behandlungsmedium (239) von einem Grundkörper (234)
gehalten ist, dessen Außendurchmesser dem Außendurch-
messer des Bohrwerkzeuges (30) entspricht.

30

75. Behandlungskörper nach Anspruch 74, dadurch gekenn-
zeichnet, daß der Grundkörper (234) aus einem po-
rösen Material besteht, vorzugsweise einem Sintermate-
rial aus Keramik, Kalziumphosphat, Hydroxylapatit, Fluor-
35 apatit oder Kunststoff.

76. Behandlungskörper nach Anspruch 74 oder 75, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmedium (239) einen mit einem Harzmaterial verbundenen Wirkstoff aufweist, welches Harzmaterial seinerseits vom Grundkörper (234) getragen ist oder in diesen eingeschlossen ist oder den Grundkörper bildet.
77. Behandlungskörper zur Verwendung in einem Arbeitskanal (32), der mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 46-58 erzeugt wurde, dadurch gekennzeichnet, daß er rohrförmige Gestalt hat, wobei sein Außendurchmesser dem Außendurchmesser des Bohrwerkzeuges (30) entspricht, und an seinem einen Ende einen lösbaren dichten Verschuß (244) aufweist.
78. Behandlungskörper nach Anspruch 77, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem fluiddichten Material besteht.
79. Behandlungskörper nach Anspruch 77 oder 78, dadurch gekennzeichnet, daß er einen dem Verschuß (242) benachbarten kegeligen Kopfabschnitt (242) aufweist.
80. Behandlungskörper nach einem der Ansprüche 74-79, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer zur dauerhaften Eingliederung geeigneten Restaurationsmaterial hergestellt ist, z.B. Kunststoff, Metall, Keramik, einem Verbundwerkstoff, Polymerkeramik, einem Kompositwerkstoff, oder einem Kompomerwerkstoff.

Zusammenfassung

=====

- 05 Es wird ein Diagnosegerät vorgeschlagen, mit welchem
durch einen kleinen Arbeitskanal hindurch krankes Hart-
gewebe, insbesondere kariöses Zahngewebe daraufhin unter-
sucht werden kann, ob es durch Remineralisierung wieder
in gesunden Zustand überführt werden kann. Ein solches
10 Diagnosegerät schließt den im Gewebe erzeugten Arbeitskanal
dicht (54) gegen die Umgebung ab und setzt den Gewebe-
hohlraum unter Druck, wonach die Druckbeaufschlagung
beendet wird und über einen Druckmesser (60) der Druck-
abfall gemessen wird. Die Geschwindigkeit des Druckabfalls
15 ist ein Maß für die Stärke der krankhaften Gewebeverän-
derungen. Ferner wird ein Behandlungsgerät vorgeschlagen,
das zur Unterstützung der Remineralisierung bzw. der
Reinfiltration von krankem Hartgewebe und zur Vorbereitung
hierzu dient, sowie Diagnose und Behandlungsmedien und
20 Behandlungskörper.

(Figur 4)

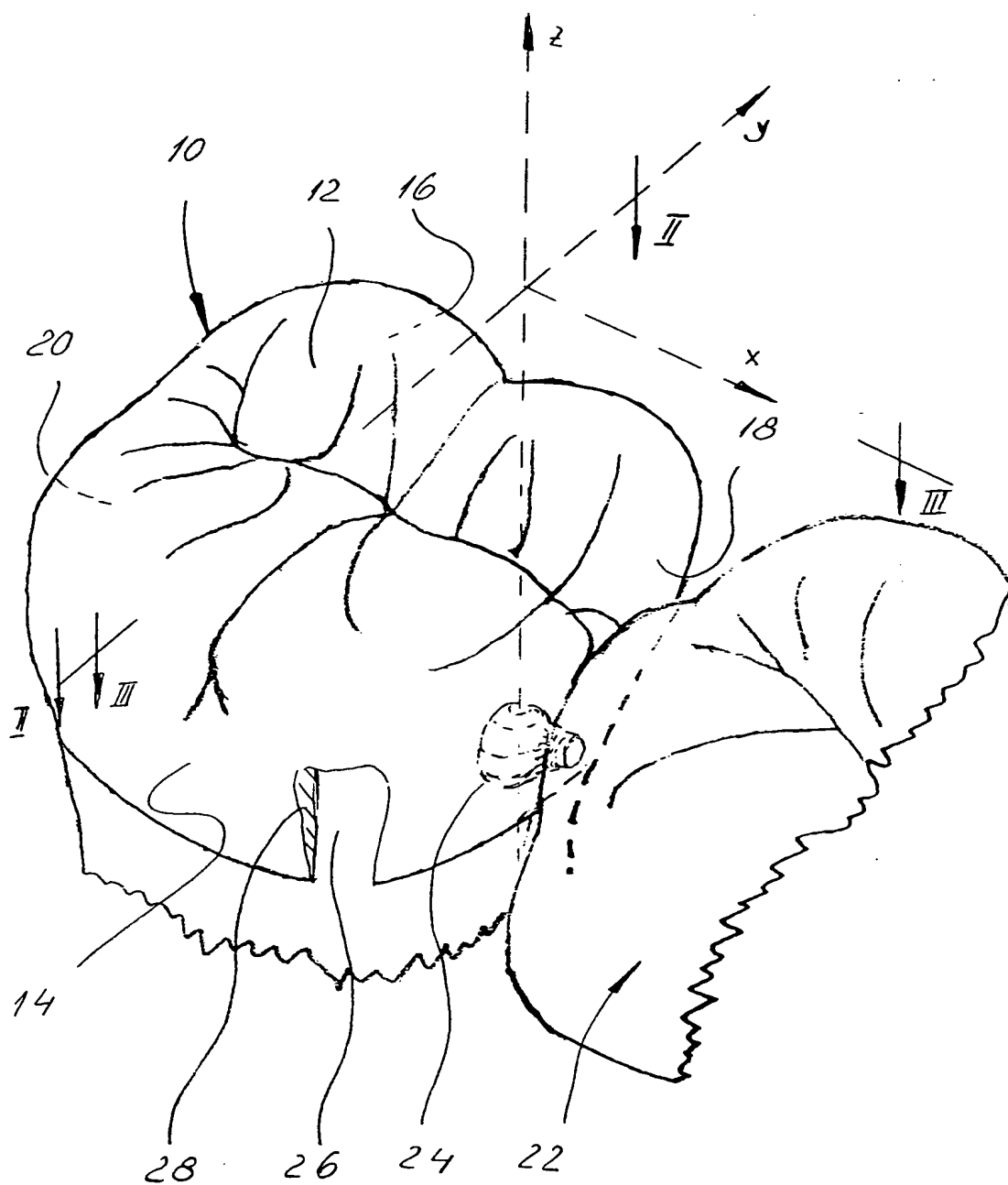
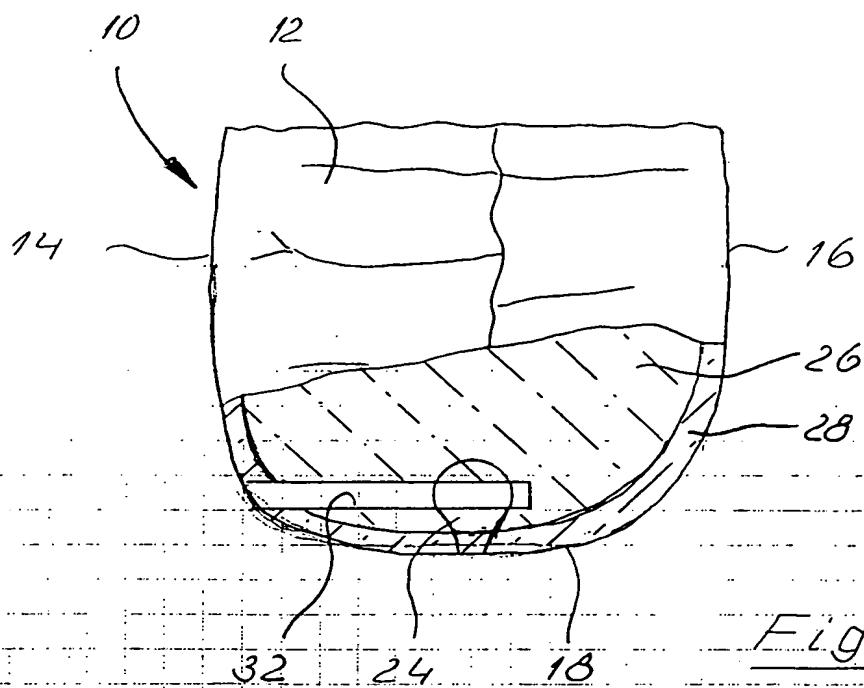
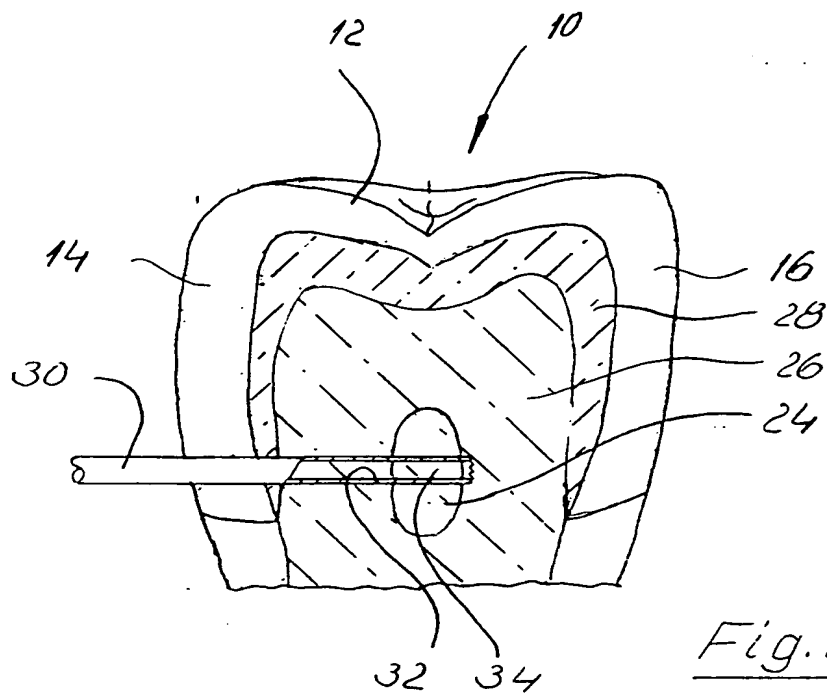


Fig. 1



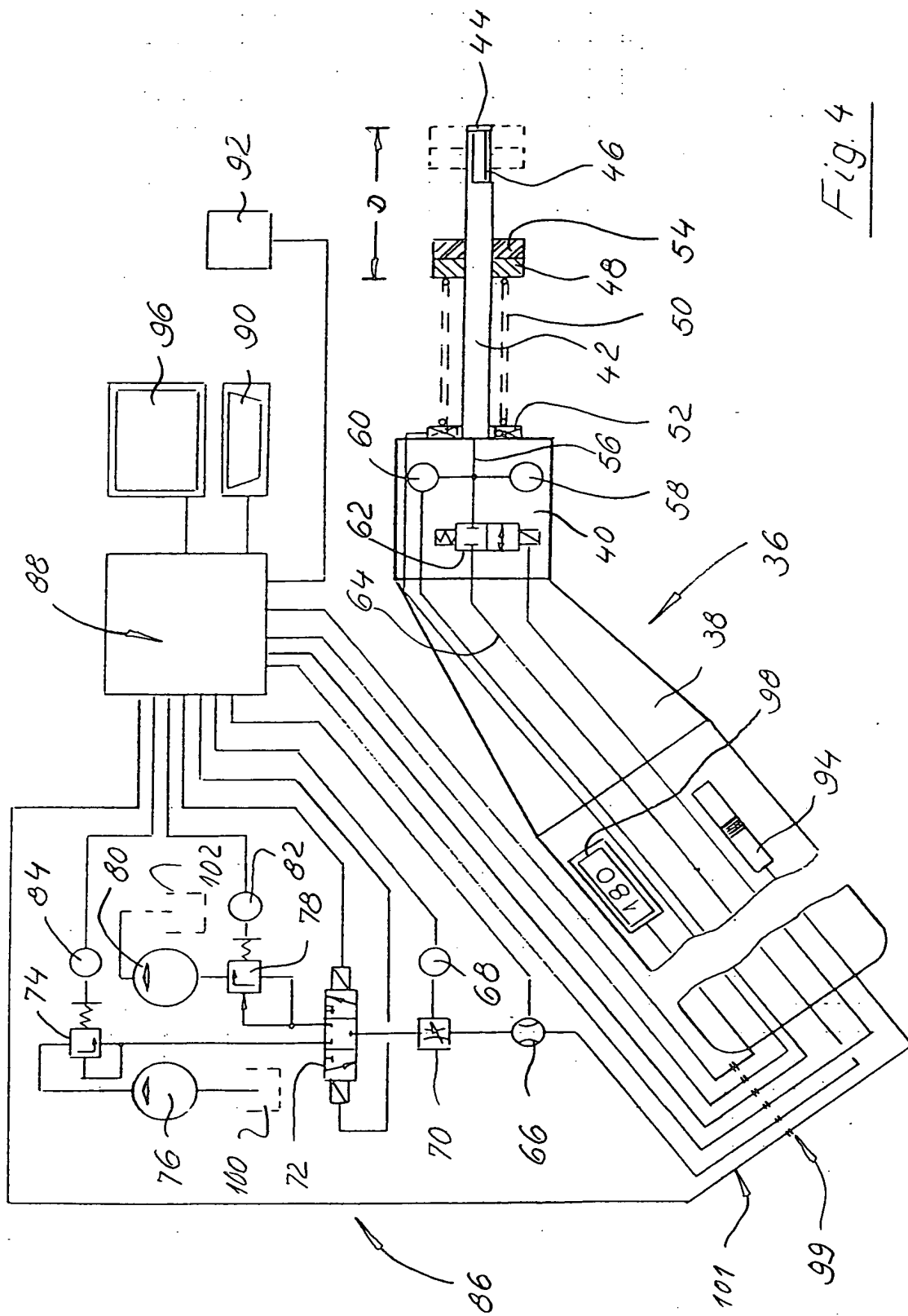


Fig. 4

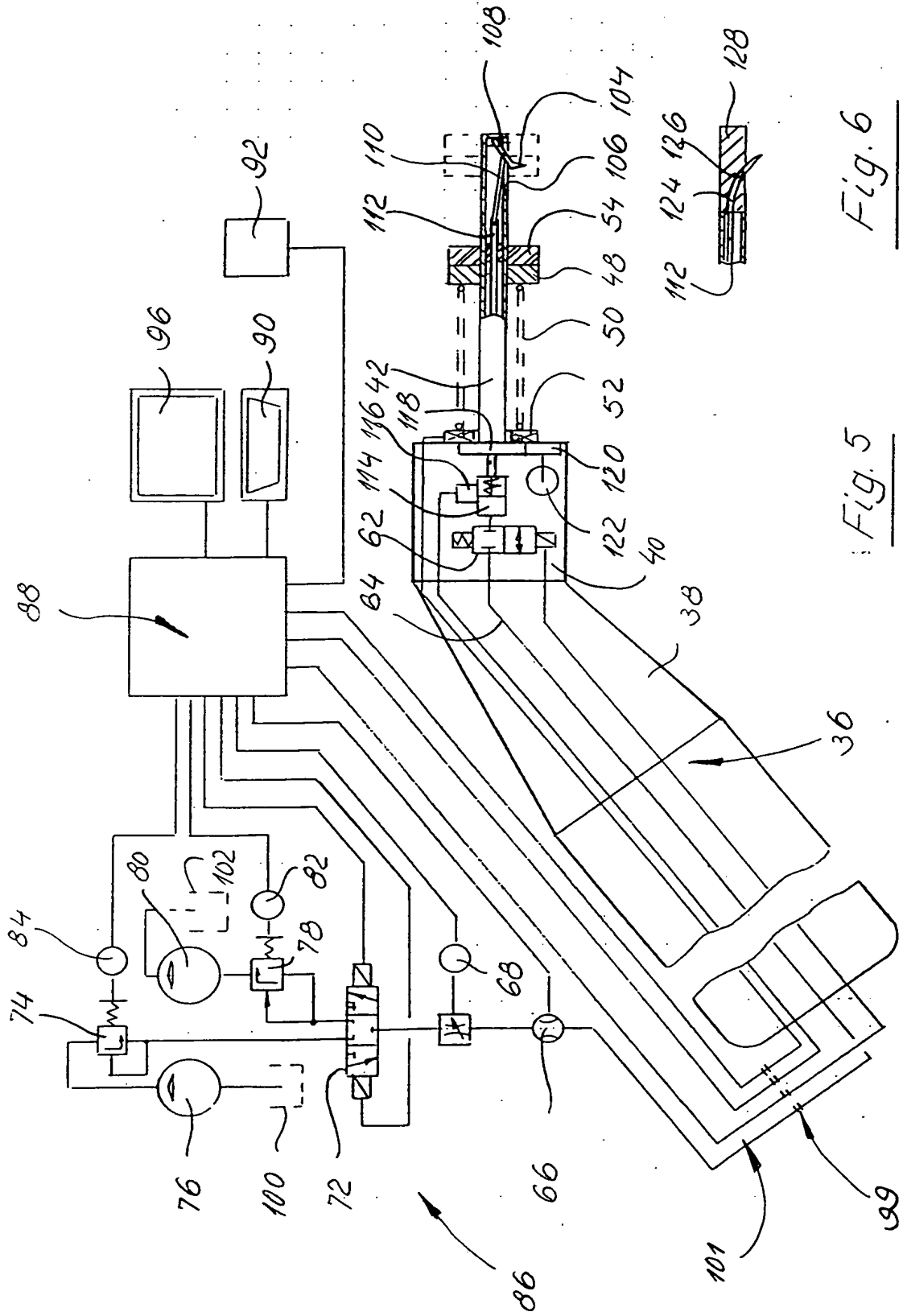
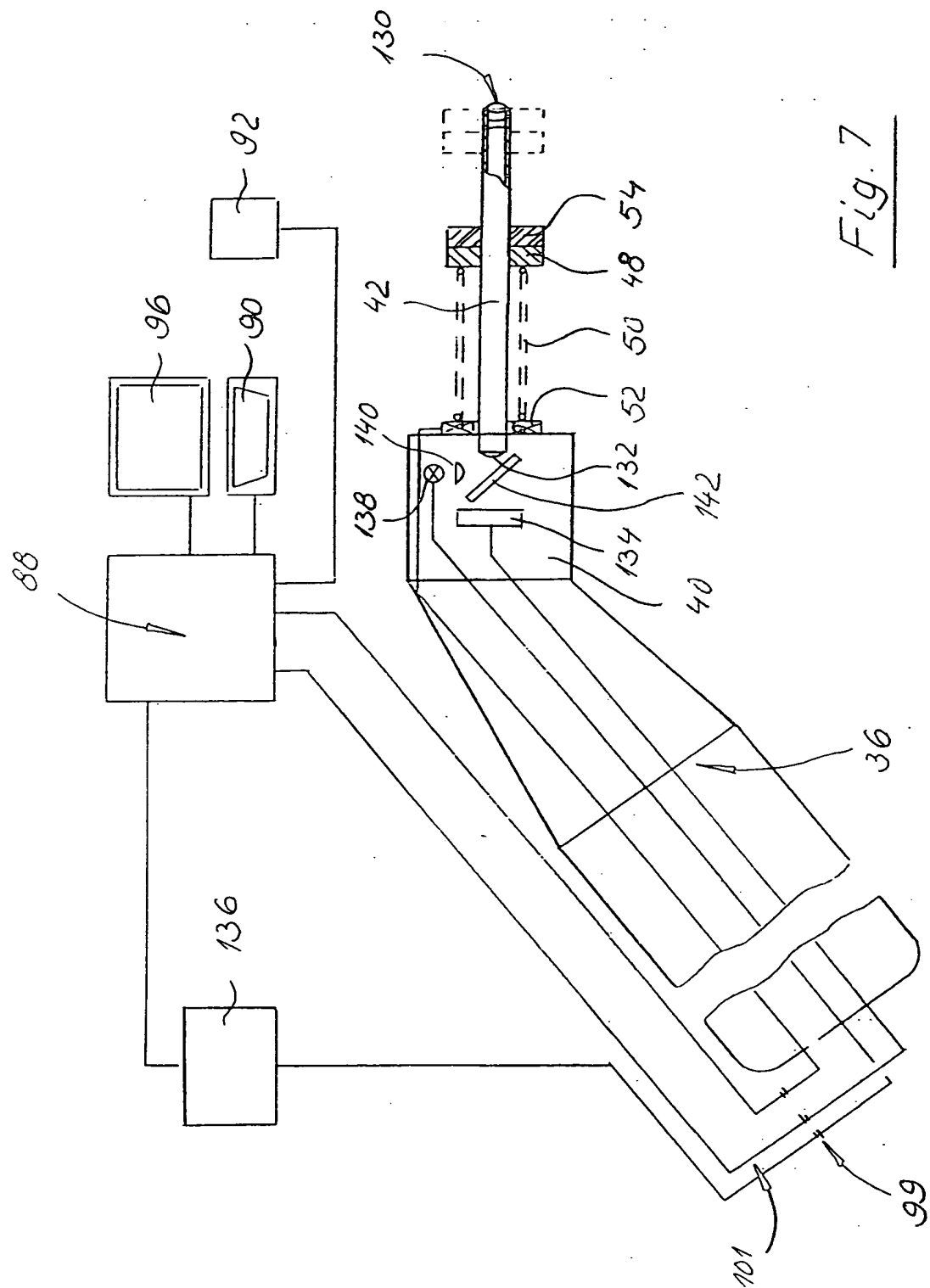


Fig. 6

Fig. 5



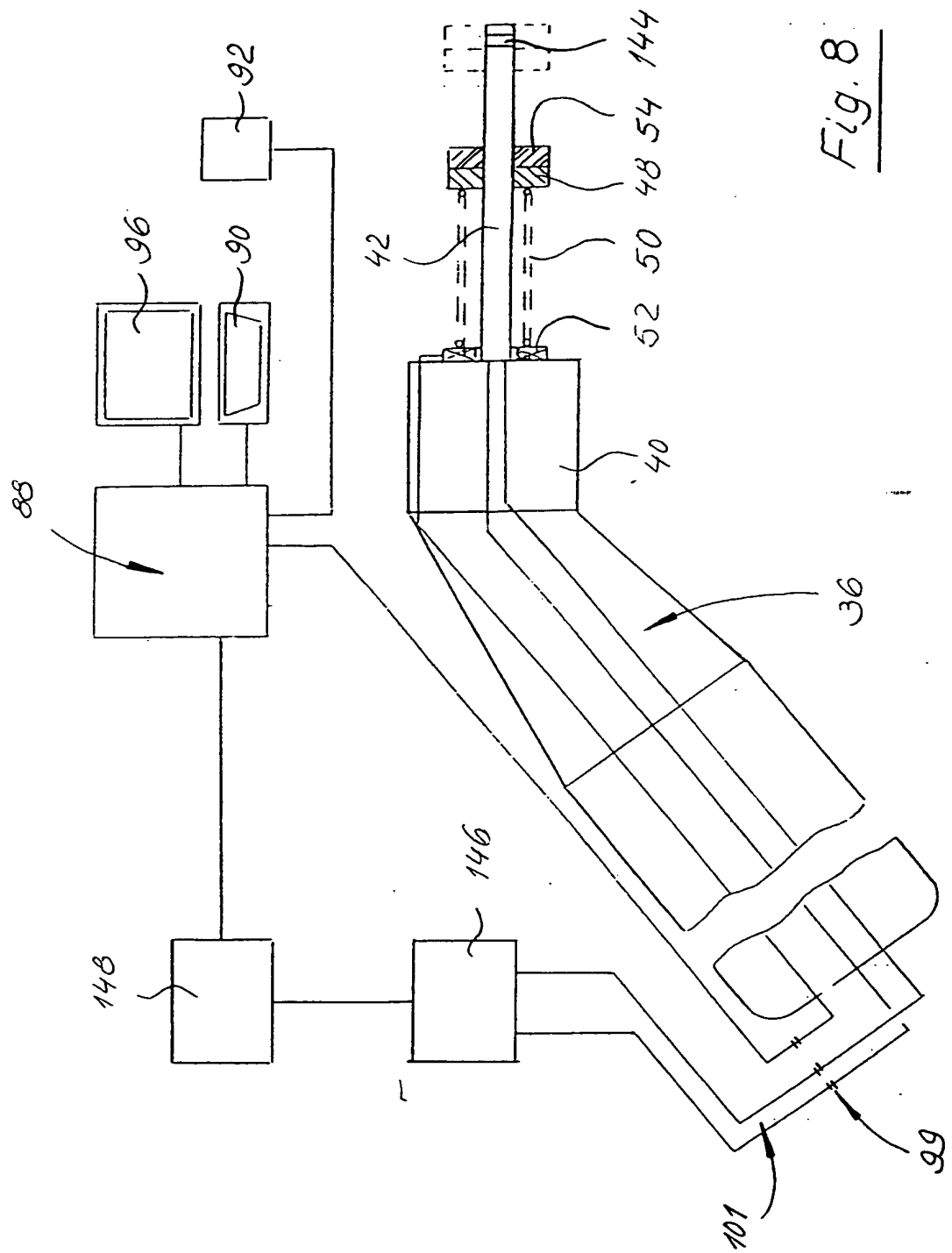


Fig. 8

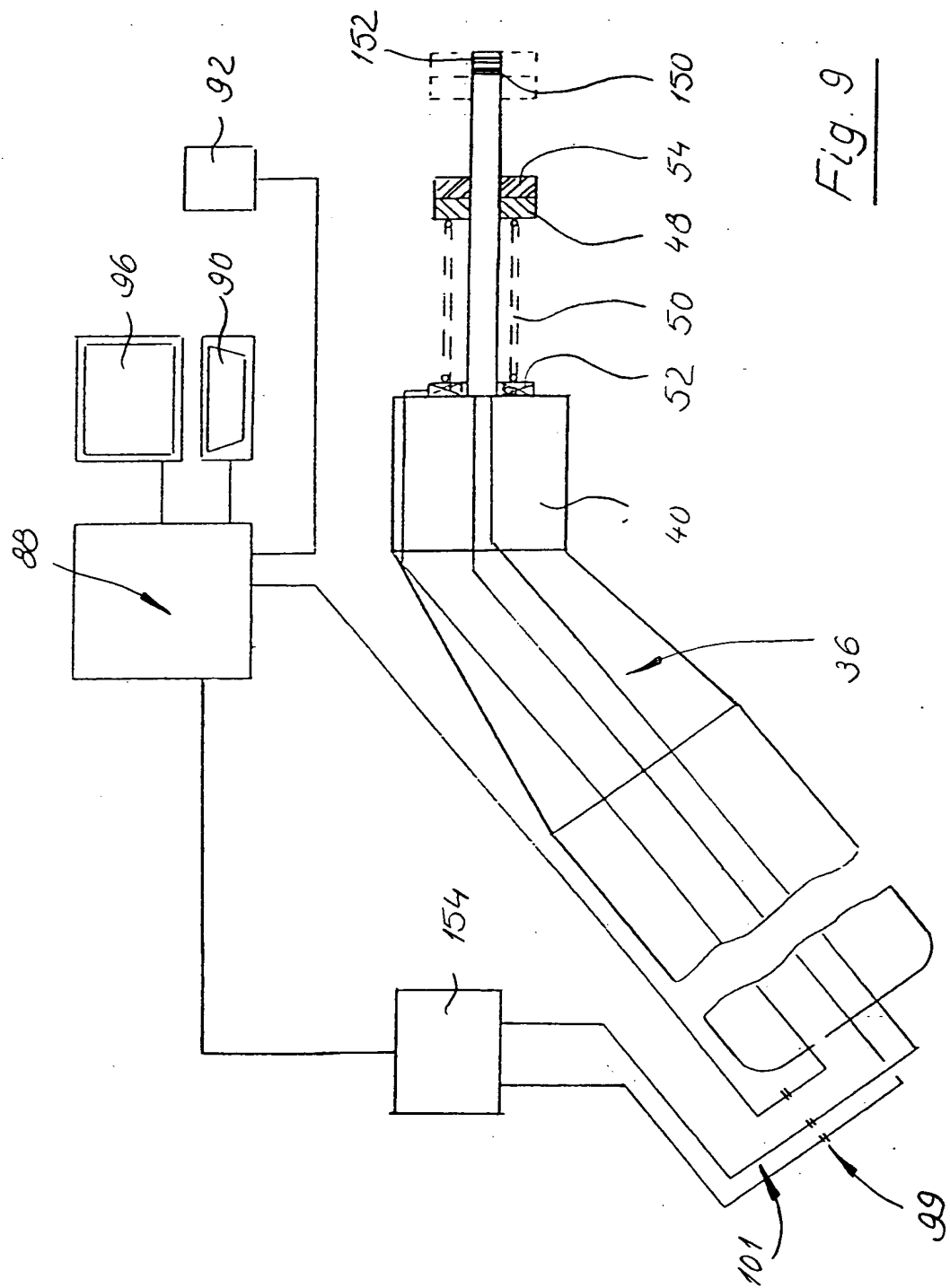


Fig. 9

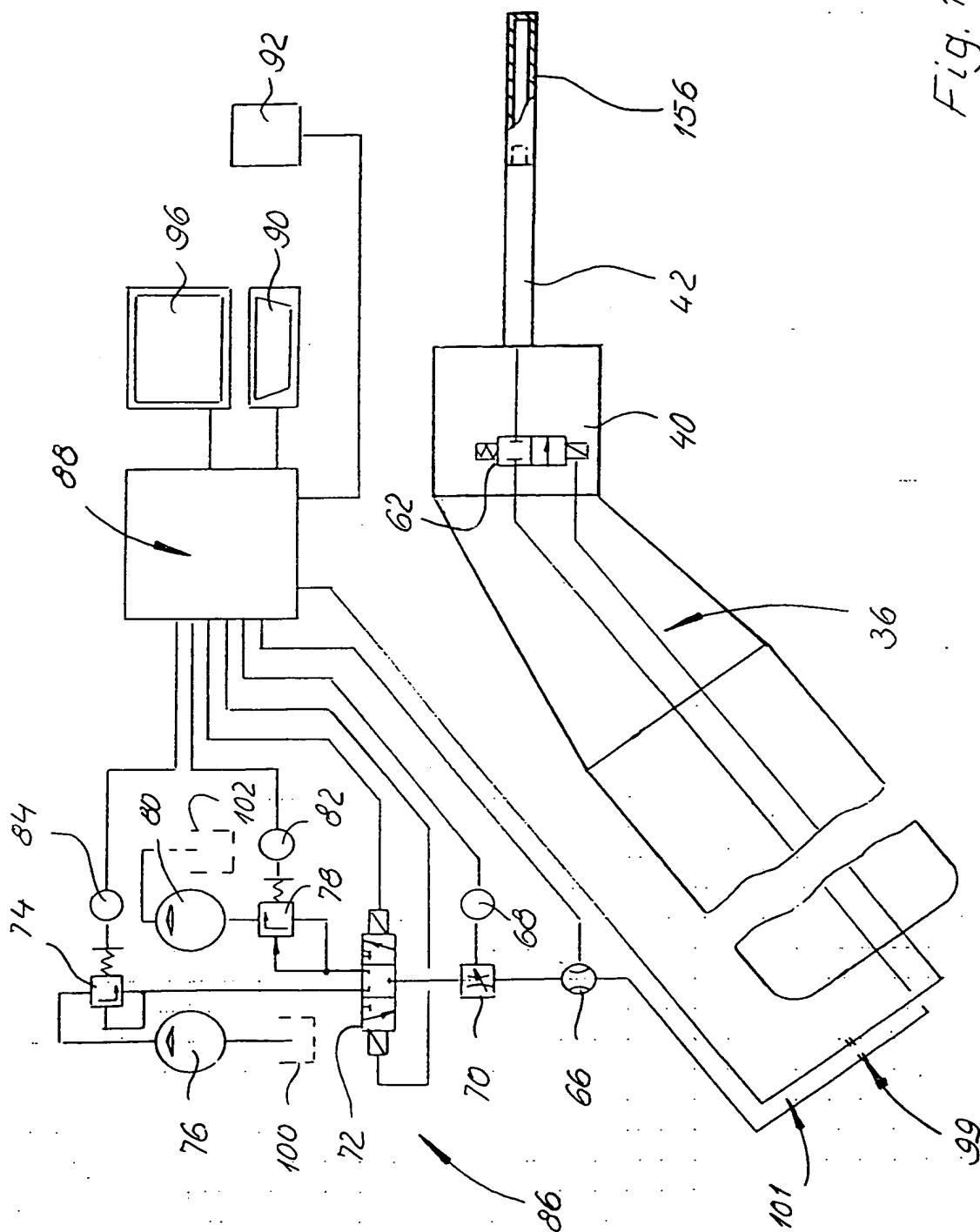


Fig. 10

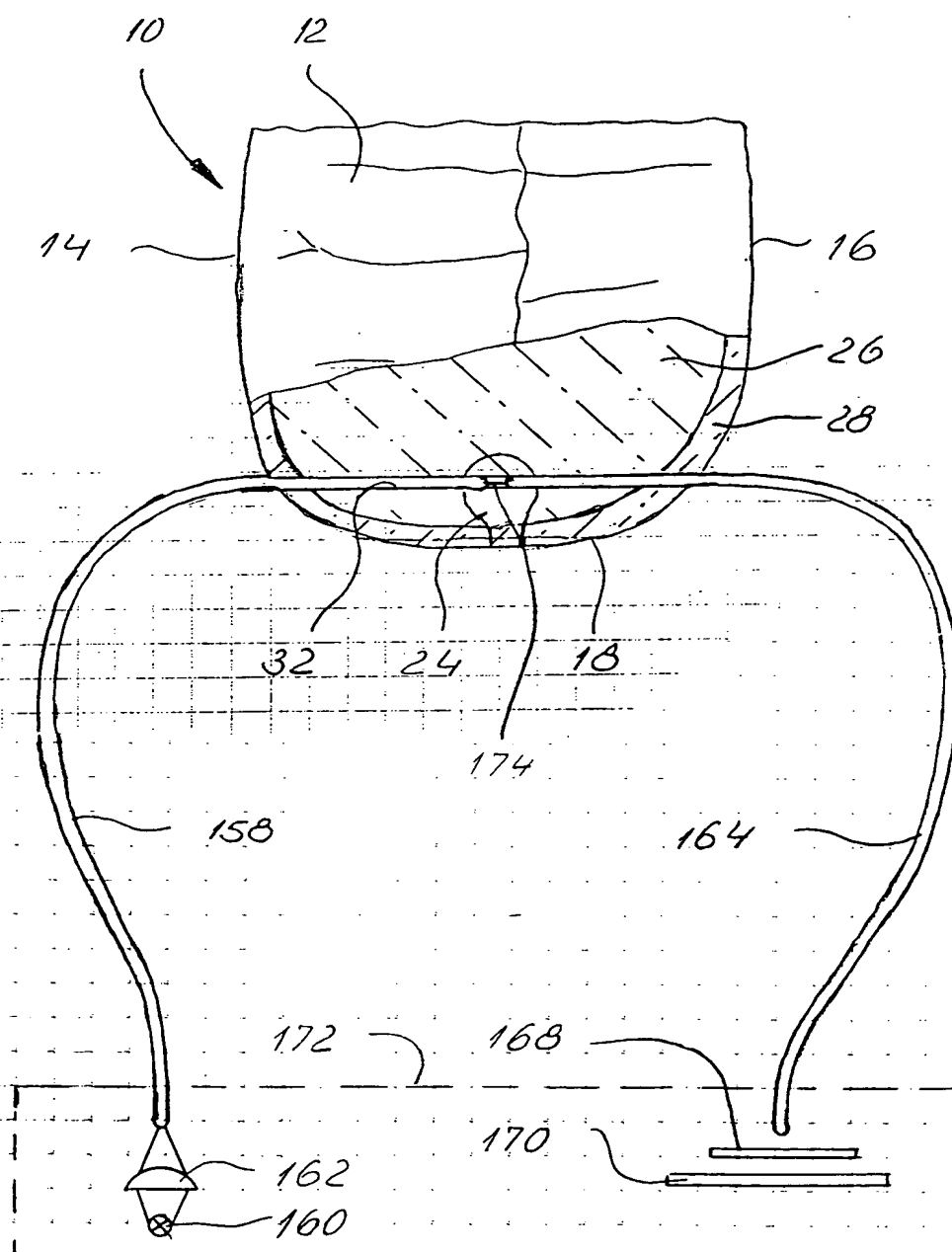


Fig. 11

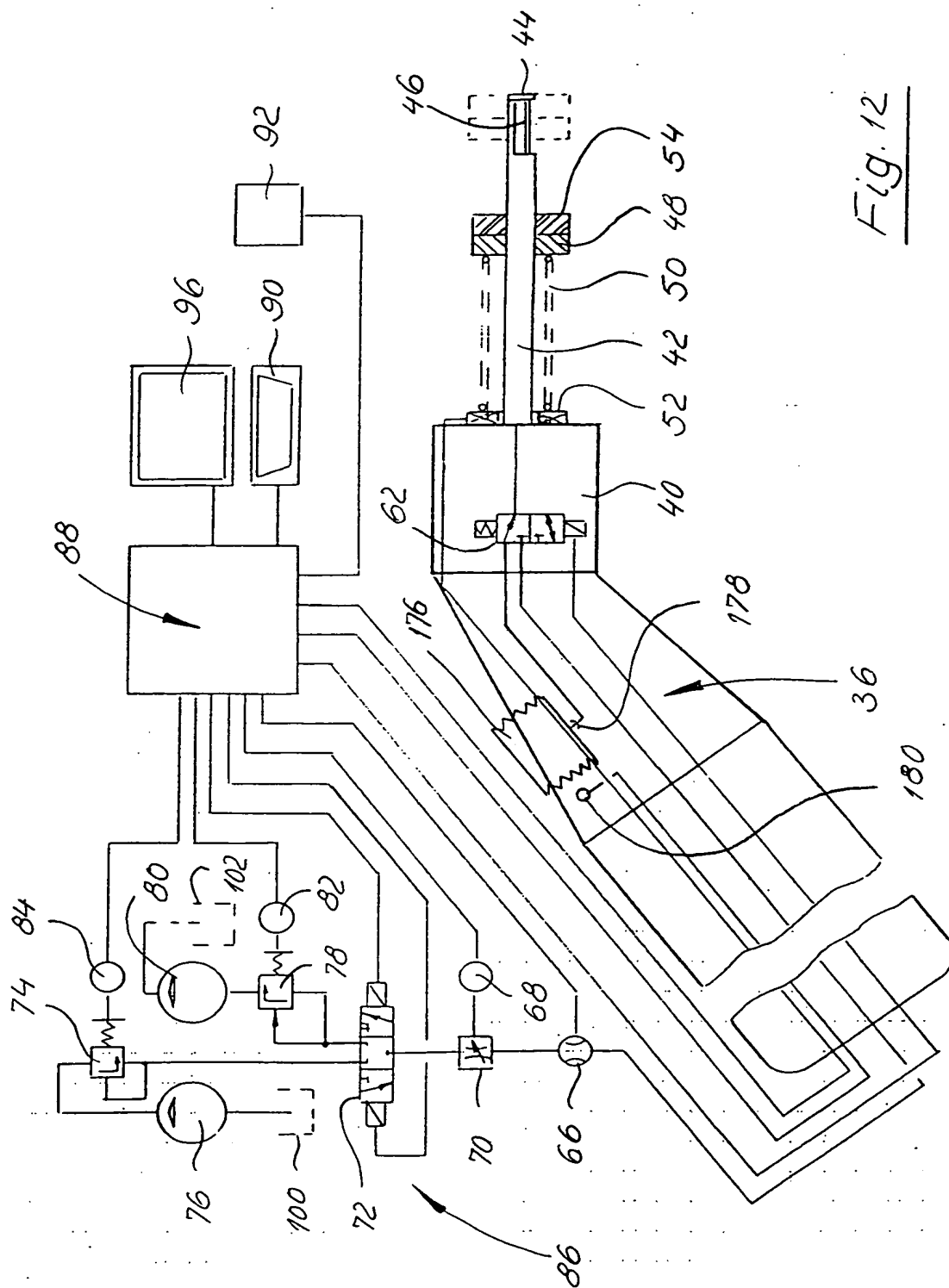


Fig. 12

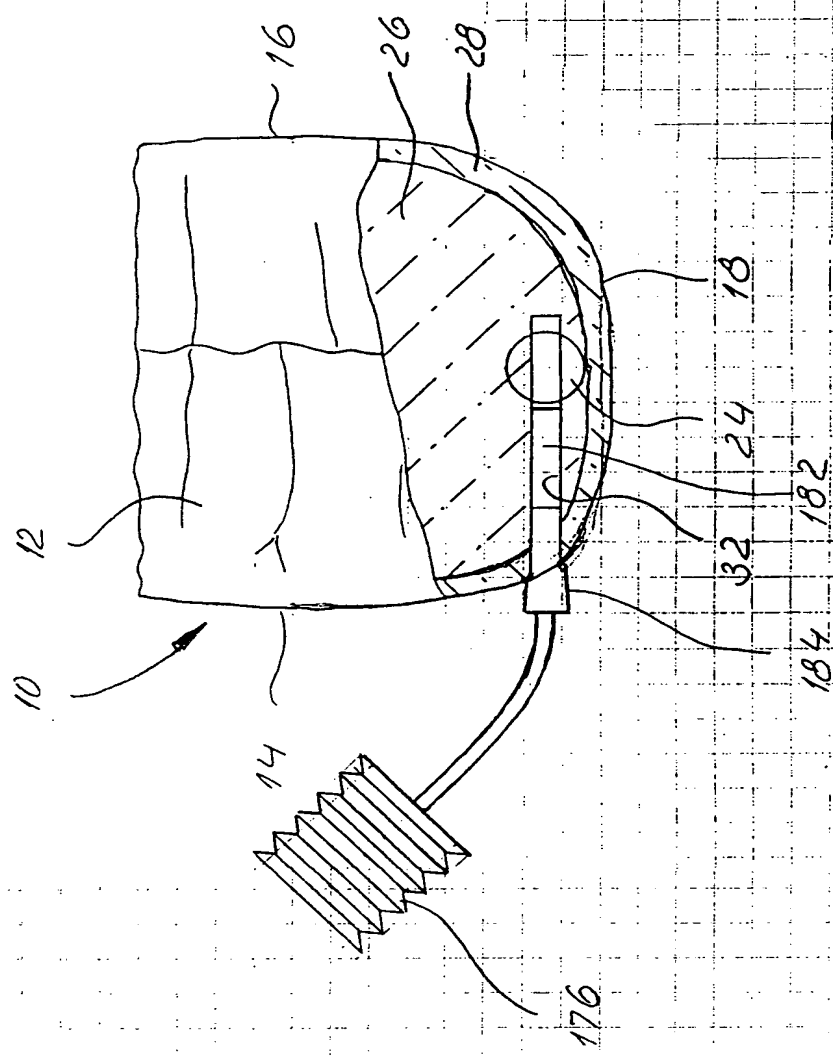


Fig. 13

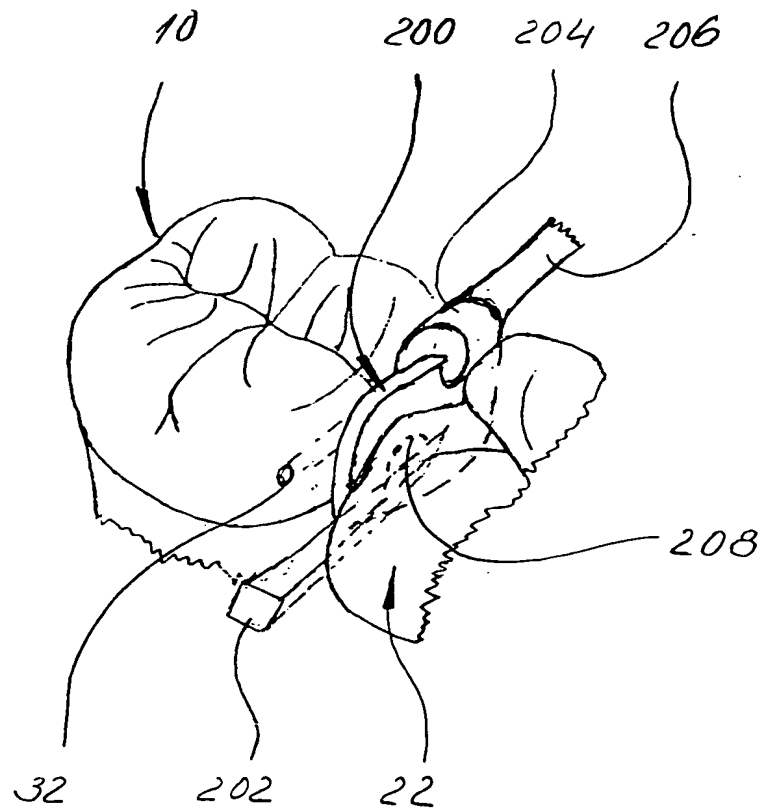


Fig. 14

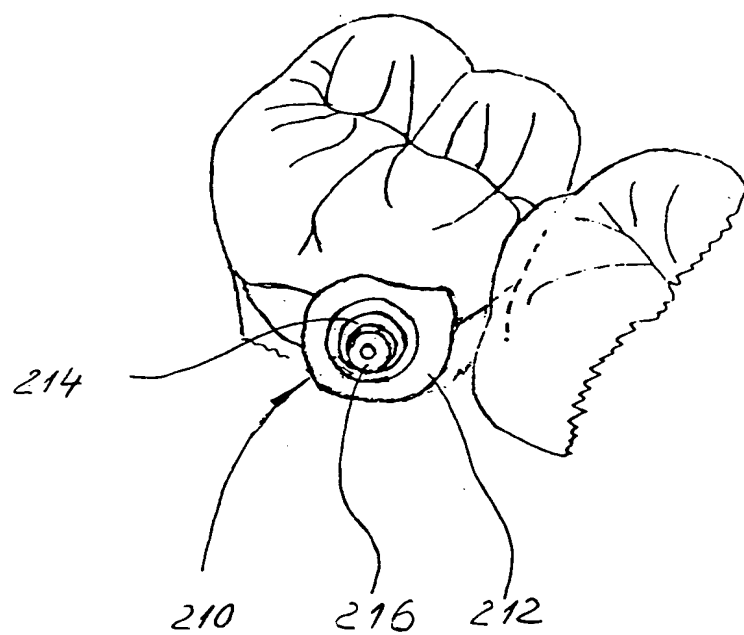


Fig. 15

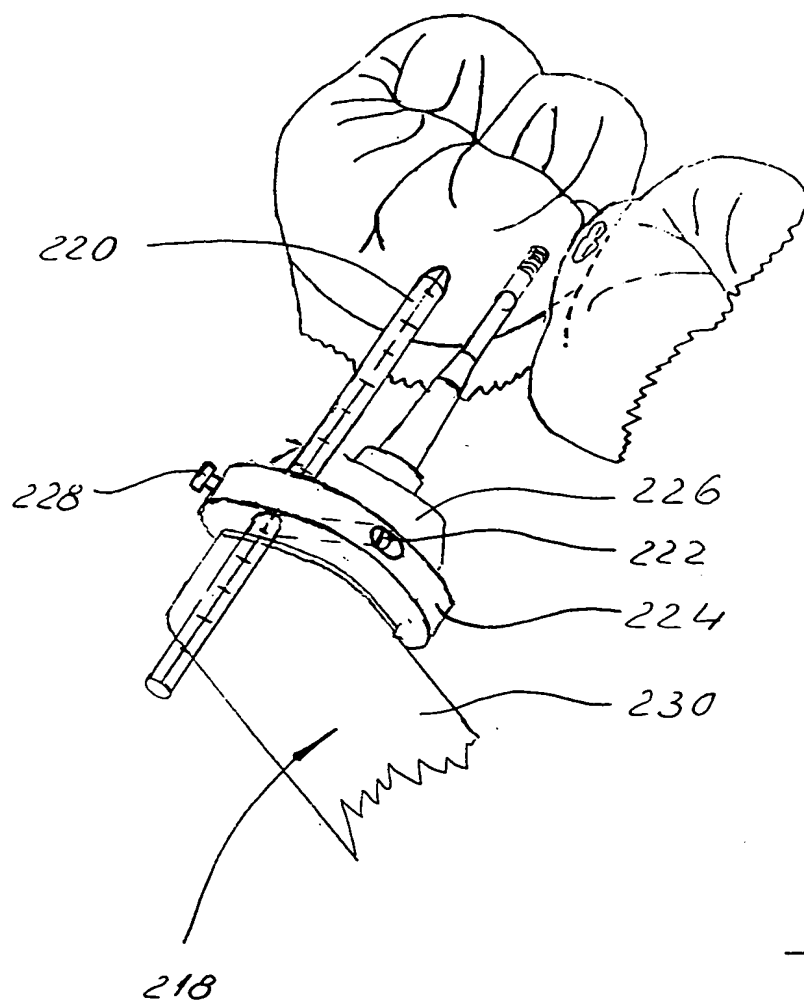


Fig. 16

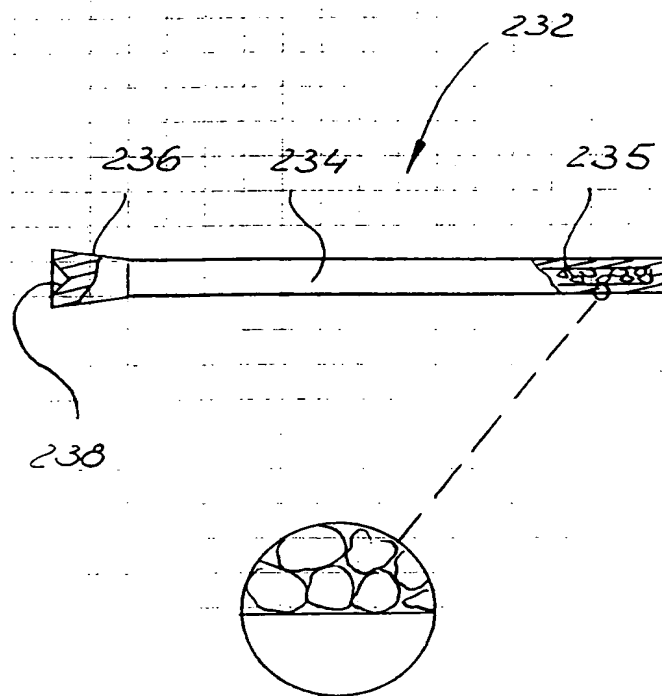


Fig. 17

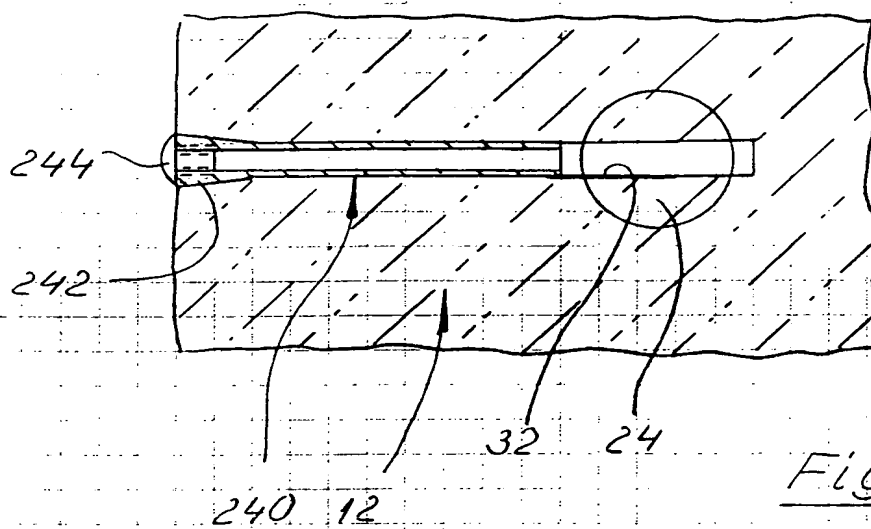


Fig. 18

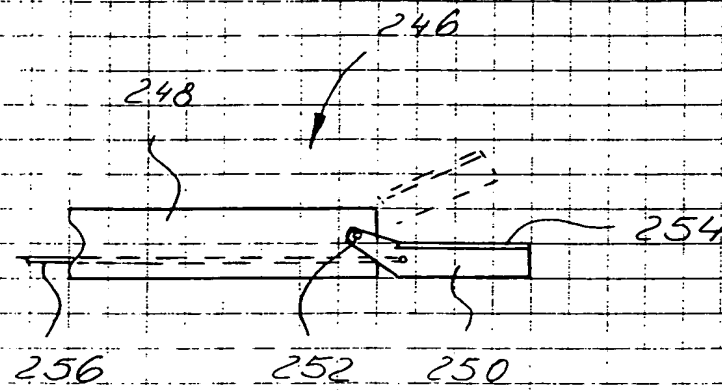


Fig. 19

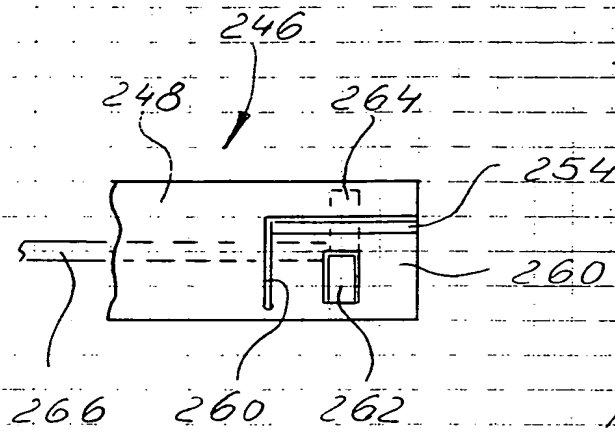


Fig. 20

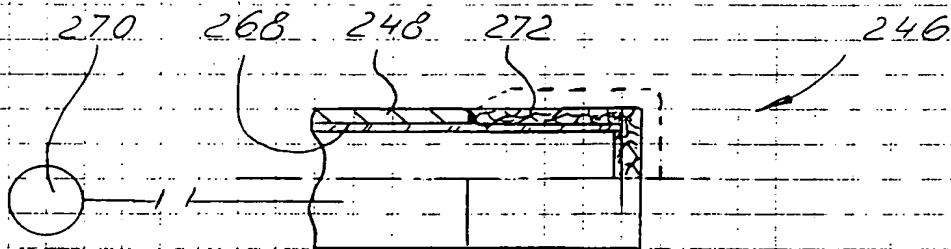


Fig. 21

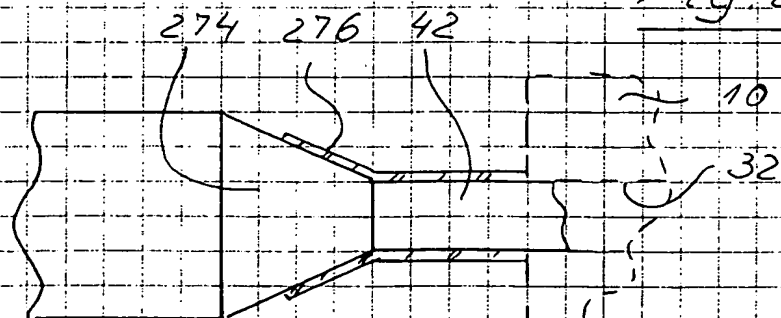


Fig. 22

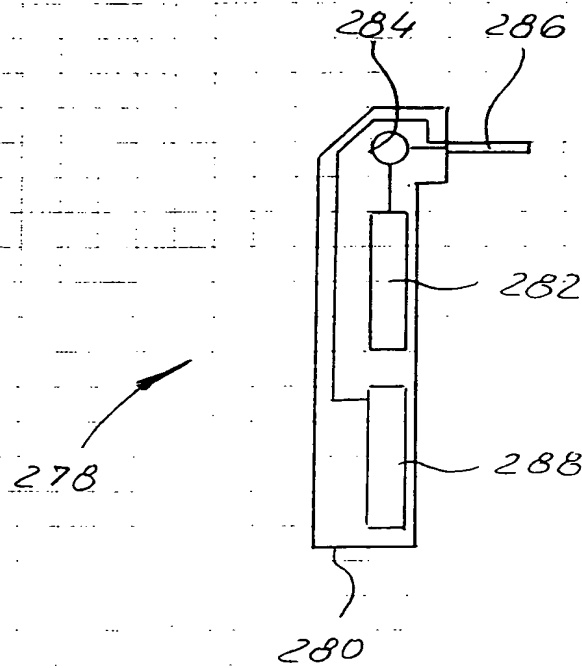


Fig. 23

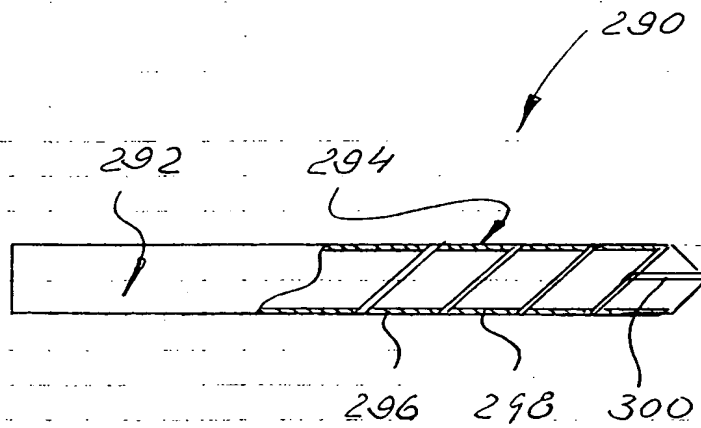


Fig. 24

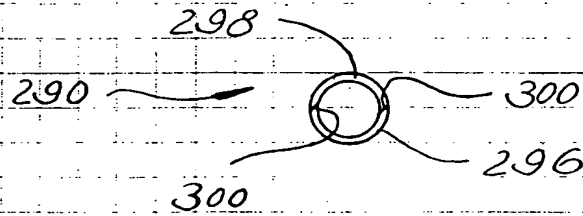


Fig. 25